



Universidad
Carlos III de Madrid

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO FIN DE CARRERA:

**Certificación energética de un
edificio comercial**

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD

AUTOR:

Marius – Alin Caluser

TUTOR:

Esteban Domínguez González-Seco

Leganés, junio del 2010

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero dar las gracias a Esteban Domínguez González-Seco, mi tutor del proyecto fin de carrera, por haberme dado la oportunidad de realizar el proyecto de fin de carrera.

También agradezco a mis compañeros de la universidad David del Águila, David Sánchez, Javier Feliz, Slavisa, José Juan, Antonio, etc. por el hecho de hacer parte de esta etapa de mi carrera estudiantil.

Los agradecimientos más sentidos son para las personas más importantes en mi vida: mis padres, mi hermano y mi novia. ¡Vosotros lo habéis hecho posible! Quiero que os sintáis partícipes de mi mayor logro como estudiante.

¡Gracias a todos!

RESUMEN

La contaminación atmosférica provocada por la edificación ha adquirido en las últimas décadas unos niveles preocupantes, convirtiéndose así en un grave problema para la sociedad.

En este proyecto se aplican las medidas impuestas por el gobierno, a través del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE), en materia de ahorro energético en los edificios. El edificio objeto del estudio de aplicación de las medidas de este real decreto es la Torre Espacio de Madrid.

Después de presentar la normativa vigente del artículo 15 del CTE (Documento Básico de Ahorro de Energía HE), se ha desarrollado la certificación energética de la Torre Espacio en dos etapas, según establece el Real Decreto 47/2007.

En una primera etapa, se verifica el cumplimiento de la limitación de demanda energética del edificio impuesta por la sección HE 1 del Documento Básico de Ahorro de Energía, empleando la aplicación informática oficial LIDER.

El método empleado para verificar el cumplimiento de la limitación de la demanda se llama "auto-referente", ya que el programa indica indirectamente el consumo del edificio, comparando el edificio en estudio con un edificio de referencia. El edificio de referencia se obtiene a partir del edificio objeto sustituyendo la envolvente del edificio por otra envolvente que está en el límite del cumplimiento de la exigencia HE 1.

Los resultados del programa LIDER demuestran que el centro cumple con la normativa establecida tanto en calefacción como en refrigeración. Las demandas de calefacción y de refrigeración son respectivamente de un 11% y un 89% respecto a las del edificio de referencia.

En una segunda etapa, se ha obtenido la calificación energética del edificio, empleando la herramienta informática de referencia CALENER_GT. El consumo del edificio de energía primaria es de 14402,26 MWh por año y las emisiones del edificio son de 7587,24652 Toneladas CO₂ por año. El índice global de emisiones de CO₂ del centro es 0,38, lo que otorga al edificio una clase de eficiencia energética A. Esto significa que las emisiones totales del edificio mejoran en un 62% las permitidas por la normativa.

Por último, y tras estudiar los resultados de la calificación, se han aplicado mejoras sobre la instalación de iluminación, lográndose una reducción del 16,18% de las emisiones de CO₂ así como de la energía primaria requerida por el centro y obteniéndose un índice global de 0.31 que mantiene la clase A de eficiencia energética, pero la mejora.

ABSTRACT

Air pollution in the building sector has reached in the last decades problematic levels, thus becoming a serious problem for society.

In this final project are applied the measures imposed by the government, through the new Construction Technical Code (CTE), on energy savings in buildings. Space Tower in Madrid is the building in which we will apply the measures imposed by the CTE.

Once the regulations of the fifteen article in CTE (Basic Document of Energy Saving) were detailed, we have developed the energy certification in two stages, like the Royal Decree 47/2007 establish.

In the first stage, we verified the fulfillment of the building restrictions on energy demands imposed by the HE 1 section of the Basic Document of Energy Saving, using the official software named LIDER.

The method employed to verify the fulfillment of the building restrictions on energy demands is named "self-respect", because the software indicates the building demands indirectly, making a comparison between the studied building and the reference building. The referent building is obtained thanks to the substitution of the building walls for other walls given by the limit of HE 1 exigency fulfillment.

LIDER results prove that the building complies with the regulations established both in heating and cooling. Heating and cooling demands means an 11% and an 89% of the referent building demands.

In the second stage, we obtained the energy rating of the building, employing the official software named CALENER_GT. The building's demand of primary energy is 14402,26 Megawatts hour per year and emissions are 7587,24652 tons CO₂ per year. The global ratio of CO₂ building's emissions is 0.38, which gives to building an energy efficiency class A. This means that the total emissions of the building are lower than the ones permitted by the regulations in 62%.

Finally, after studying the results of the qualification, there were implemented improvements over the light system of the building, achieving a reduction of 16,18% of CO₂ emissions as well as the primary energy required by the building, obtaining a global ratio of 0.31, which gives to the building the same energy efficiency class, A.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ÍNDICE DE GRÁFICAS	XVIII
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 OBJETIVOS	3
1.3 FASES DE DESARROLLO	4
1.4 MEDIOS EMPLEADOS	5
1.5 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	5
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD	8
2.2 DESARROLLO SOSTENIBLE	10
2.2.1 RD 47/2007	10
3. DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA HE	15
3.1 HE 1: LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA	18
3.1.1 DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS	18
3.1.1.1 Demanda energética	18
3.1.1.2 Condensaciones	21
3.1.1.3 Permeabilidad al aire	21
3.1.2 CÁLCULO Y DIMENSIONADO	21

Índice general

3.1.2.1 Datos previos	21
3.1.2.1.1 Zonificación climática	21
3.1.2.1.2 Clasificación de los espacios habitables	21
3.1.2.1.3 Definición de la envolvente térmica del edificio	22
3.1.2.2 Opción general de cálculo	22
3.1.3 PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN	24
 3.2 HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS	 25
 3.3 HE 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN	 26
 3.3.1 EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN	 30
3.3.1.1 ¿Cómo se genera luz en una bombilla?	30
3.3.1.2 Luminaria	31
3.3.1.3 Lámparas fluorescentes	31
3.3.1.3.1 Funcionamiento de las lámparas	32
3.3.1.3.2 Efecto estroboscópico	32
3.3.1.3.3 Componentes de la lámpara fluorescente	32
3.3.1.3.4 Consideraciones eléctricas sobre los tubos fluorescentes	33
3.3.1.4 Led	34
 3.4 HE 4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)	 34
 3.5 HE 5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	 34
 4. LIDER	 35
 4.1 FORMULARIO DE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	 38
 4.2 GESTIÓN DE LA BASE DE DATOS	 40

4.2.1. CREACIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS_____	41
4.2.2. MATERIALES_____	42
4.2.3 CERRAMIENTOS_____	43
4.2.4 VIDRIOS_____	44
4.2.5 MARCOS_____	45
4.2.6 HUECOS_____	46
 4.3 OPCIONES Y VALORES POR DEFECTO_____	 47
 4.3.1 ESPACIO DE TRABAJO_____	 47
4.3.2 CONSTRUCCIÓN_____	49
 4.4 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL EDIFICIO_____	 50
 4.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES_____	 53
4.4.2 CREACIÓN DE LAS PLANTAS_____	54
4.4.3 CREACIÓN DE LOS ESPACIOS_____	56
4.4.4 CREACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS_____	59
4.4.5 CREACIÓN DE LAS PARTICIONES HORIZONTALES_____	60
4.4.6 VENTANAS Y PUERTAS_____	61
4.4.7 CREACIÓN DE ELEMENTOS SINGULARES_____	62
 4.5 VISTA TRIDIMENSIONAL DEL EDIFICIO_____	 63
 4.6 RESULTADOS_____	 65
 5. CALENER_GT_____	 69
 5.1 ESTRUCTURA DE CALENER_GT_____	72
 5.1.1 BARRA DE NAVEGACIÓN_____	72
5.1.2 PANEL DE REVISIÓN_____	73

Índice general

5.1.3 CÓDIGO DE COLORES_____	73
5.2 EXPORTACIÓN DEL EDIFICIO A CALENER_GT_____	74
5.3 COMPONENTES Y SISTEMAS DEL EDIFICIO_____	74
5.3.1 HORARIOS_____	74
5.3.2 CURVAS DE COMPORTAMIENTO_____	79
5.3.3 SUBSISTEMAS PRIMARIOS_____	79
5.3.3.1 Bombas _____	80
5.3.3.2 Circuitos hidráulicos _____	82
5.3.3.3 Plantas enfriadoras _____	86
5.3.3.4 Calderas _____	90
5.3.3.5 Generadores de ACS _____	92
5.3.3.6 Torres de refrigeración _____	93
5.3.4 SUBSISTEMAS SECUNDARIOS_____	96
5.3.4.1 Nivel del sistema _____	96
5.3.4.2 Nivel de zona _____	100
5.3.4.3 Creación de los subsistemas secundarios _____	100
5.3.4.4 Creación de zonas climatizadas por subsistemas secundarios _____	110
5.4 FORMULARIO DE EDICIÓN DE LOS ESPACIOS_____	116
5.4.1 PESTAÑA “DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA”_____	116
5.4.2 PESTAÑA “OCUPACIÓN, EQUIPOS E INFILTRACIÓN”_____	117
5.4.3 PESTAÑA “ILUMINACIÓN ARTIFICIAL Y NATURAL”_____	118
5.5 INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA_____	120
5.5.1 DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN_____	120
5.5.2 EMISIONES DE CLIMATIZACIÓN_____	121
5.5.3 EMISIONES DE ACS_____	121

Índice general

5.5.4 EMISIONES DE ILUMINACIÓN_____	122
5.5.5 COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DE EMISIONES_____	123
5.5.6 CLASES DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA_____	123
 5.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CALIFICACIÓN____	124
5.6.1 ETIQUETAS_____	125
5.6.2 INFORMES MENSUALES_____	127
5.6.3 INFORMES ANUALES_____	129
 5.7 EFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS SOBRE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA_____	131
5.7.1 MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN_____	131
5.7.1.1 ¿Cómo se puede mejorar esta eficiencia? _____	131
5.7.1.2 Conceptos importantes en la iluminación _____	132
5.7.1.3 Cálculo de instalaciones de alumbrado _____	134
5.7.1.3.1. Programa DIALUX_____	135
5.7.1.3.1.1 Datos previos al cálculo de la instalación de alumbrado_____	135
5.7.1.3.1.2 Cálculo de la instalación de iluminación_____	138
5.7.1.3.1.3 Impresión de los resultados_____	138
5.7.1.3.2. Obtención del valor de eficiencia energética VEEI_____	140
5.7.1.3.3. Variación de los indicadores anuales según VEEI_____	142
 6. CONCLUSIONES _____	148
 7. PRESUPUESTO _____	153
 GLOSARIO _____	160
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	161

Índice general

ANEXOS	163
—	
ANEXO I	164
INFORME LIDER DE LA PARTE 1 DEL EDIFICIO	166
INFORME LIDER DE LA PARTE 2 DEL EDIFICIO	180
INFORME LIDER DE LA PARTE 3 DEL EDIFICIO	194
INFORME LIDER DE LA PARTE 4 DEL EDIFICIO	208
ANEXO II	209
INFORME CALENER DE LA PARTE 1 DEL EDIFICIO	211
INFORME CALENER DE LA PARTE 2 DEL EDIFICIO	259
INFORME CALENER DE LA PARTE 3 DEL EDIFICIO	303
INFORME CALENER DE LA PARTE 4 DEL EDIFICIO	350
ANEXO III	409
DATOS DE LAS LUMINARIAS (PHILLIPS)	411
ANEXO IV	418
CALIFICACIÓN PARTE 1 DEL EDIFICIO CON FLUORESCENTES DE 2X36 W	420
CALIFICACIÓN PARTE 1 DEL EDIFICIO CON FLUORESCENTES DE 3X18 W	468
CALIFICACIÓN PARTE 1 DEL EDIFICIO CON FLUORESCENTES DE 4X14 W	515
CALIFICACIÓN PARTE 1 DEL EDIFICIO CON LED	562
ANEXO V	610
CÁLCULO LUMÍNICO INSTALACIÓN CON LUMINARIAS FLUORESCENTES DE 2x36 W	612

Índice general

CÁLCULO LUMÍNICO INSTALACIÓN CON LUMINARIAS FLUORESCENTES DE 3x18 W _____	616
CÁLCULO LUMÍNICO INSTALACIÓN CON LUMINARIAS FLUORESCENTES DE 4x14 W _____	620
CÁLCULO LUMÍNICO INSTALACIÓN CON LUMINARIAS LED _____	624
ANEXO VI _____	628
FORMULARIO_PRESUPUESTO_PFC _____	630

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Contaminación atmosférica alrededor de la Torre Espacio de Madrid ^[5] _____	10
Figura 2.2 Etiqueta de eficiencia energética ^[6] _____	14
Figura 3.1 Orientaciones posibles de los muros de fachada ^[8] _____	19
Figura 3.2 Edificio con cerramientos acristalados al exterior ^[8] _____	29
Figura 3.3 El diagrama de colores[Gran Enciclopedia Planeta. Año 2004] _____	31
Figura 3.4 Tubo fluorescente[Asignatura Luminotecnia. UC3M] _____	32
Figura 4.1 Formulario de descripción de la parte 1 del edificio Torre Espacio [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	39
Figura 4.2 Estructura de árbol de la base de datos del edificio _____	40
Figura 4.3 Grupos de materiales de la base de datos de LIDER _____	41
Figura 4.4 Grupos de vidrios de la base de datos de LIDER _____	41
Figura 4.5 Grupos de huecos de la base de datos de LIDER _____	41
Figura 4.6 Forjado reticular de la base de datos de LIDER [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	42
Figura 4.7 Cerramiento exterior formado por 4 materiales de la base de datos LIDER [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	43
Figura 4.8 Vidrio doble en posición horizontal [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	44
Figura 4.9 Marco metálico en posición vertical cargado de la base de datos de LIDER [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	45
Figura 4.10 Creación de una ventana a partir de materiales en base de datos LIDER [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	46
Figura 4.11 Colocación de vértices para definir cubiertas y cerramientos singulares ^[11] _____	48
Figura 4.12 Propiedades del espacio de trabajo [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	48
Figura 4.13 Valores por defecto de los elementos constructivos [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	49
Figura 4.14 Sección 3D de la parte P2 del edificio Torre Espacio (plantas 15-26). [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	50

Figura 4.15 Árbol de elementos de la parte P.2 del edificio [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	51
Figura 4.16 Medidas de los espacios ^[11] _____	54
Figura 4.17 Formulario de una planta nueva [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	54
Figura 4.18 Formulario de edición de una planta [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	55
Figura 4.19 Formulario de edición de la iluminación de un espacio [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	57
Figura 4.20 Formulario de edición de propiedades de un espacio [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	58
Figura 4.21 Formulario de edición de un cerramiento vertical exterior [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	59
Figura 4.22 Formulario de edición de un forjado interior [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	60
Figura 4.23 Formulario de edición de las propiedades de una ventana [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	61
Figura 4.24 Vista suroeste de la parte P.1 de Torre Espacio de Madrid [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	63
Figura 4.25 Vista noreste de la parte P.1 de Torre Espacio de Madrid [Pantalla impresa del programa LIDER] _____	64
Figura 5.1 Pantalla principal del programa CALENER_GT [Pantalla impresa del programa CALENER_GT] _____	72
Figura 5.2 Horario laborable diario tipo fracción de la iluminación de Torre Espacio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT] _____	75
Figura 5.3 Horario tipo fracción de la iluminación de Torre Espacio para domingos [Pantalla impresa del programa CALENER_GT] _____	76
Figura 5.4 Horario semanal del tipo fracción de la iluminación de Torre Espacio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT] _____	76
Figura 5.5 Horario diario tipo temperatura de Torre Espacio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT] _____	77
Figura 5.6 Horario diario tipo ley correspondencia temperatura de Torre Espacio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT] _____	78

Figura 5.7 Formulario creación bomba_primario3_calor [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	81
Figura 5.8 Formulario creación del circuito hidráulico primario de frío P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	83
Figura 5.9 Nombre y tipo de enfriadora exigidos en la creación de la planta enfriadora 1 de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	86
Figura 5.10 Otros datos exigidos en la creación de la planta enfriadora 1 de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	87
Figura 5.11 Pestaña “características básicas” en la creación de la planta enfriadora 1 de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	88
Figura 5.12 Pestaña “conexiones a circuitos” en la creación de la planta enfriadora 1 de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	88
Figura 5.13 Datos del generador de ACS de Torre Espacio de Madrid parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	92
Figura 5.14 Funcionamiento de una torre de refrigeración en circuito abierto ^[13] _____	93
Figura 5.15 Datos iniciales requeridos para crear el subsistema secundario uta_1_nw1_9 de P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	101
Figura 5.16 Pestaña “Ventiladores” de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	102
Figura 5.17 Creación de un ventilador de retorno de un subsistema secundario. [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	102
Figura 5.18 Pestaña “Refrigeración”, apartado “Baterías” de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	103
Figura 5.19 Pestaña “Calefacción”, apartado “Baterías” de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	103
Figura 5.20 Pestaña “Calefacción”, apartado “Precalentamiento/Calefacción auxiliar” de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	104
Figura 5.21 Creación de batería de precalentamiento de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	104
Figura 5.22 Pestaña “Control” de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	105

Figura 5.23 Pestaña “Técnicas de recuperación” de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	105
Figura 5.24 Creación de un recuperador de calor de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	106
Figura 5.25 Creación de una zona en un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	110
Figura 5.26 Pestaña “Especificaciones básicas” de una zona de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	111
Figura 5.27 Pestaña “Caudales” de una zona de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	112
Figura 5.28 Subsistema secundario uta_1_nw1_9 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT] _____	115
Figura 5.29 Formulario de descripción y geometría de una zona de Torre Espacio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	116
Figura 5.30 Formulario de ocupación, equipos e infiltración de una zona [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	117
Figura 5.31 Tipo de control progresivo/apagado de la iluminación artificial ^[13] _____	118
Figura 5.32 Formulario de iluminación natural y artificial de zona de Torre Espacio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	119
Figura 5.33 Calificación energética de Torre Espacio [Salida del programa CALENER_GT]_____	125
Figura 5.34 Tipos de deslumbramiento ^[16] _____	132
Figura 5.35 Alumbrado general en una instalación interior ^[16] _____	133
Figura 5.36 Ventana de inicio del programa DIALUX [Pantalla impresa del programa]_____	135
Figura 5.37 Ventana "Informaciones del proyecto" del programa DIALUX [Pantalla impresa del programa]_____	135
Figura 5.38 Ventana "Entrada de datos" del programa DIALUX. [Pantalla impresa del programa]_____	136
Figura 6.1 Calificación energética de Torre Espacio con las luminarias iniciales_	151
Figura 6.2 Calificación energética de Torre Espacio con las luminarias LED_____	152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Contribución energética de las renovables en España en el año 2004.PER 2005-2010, pág. 30_____	8
Tabla 2.2 Calificación energética de edificios destinados a usos que no sea viviendas_____	14
Tabla 3.1 Valores límite para parámetros característicos medios en Madrid capital ^[8] _____	20
Tabla 3.2 Valores límite de eficiencia energética de la instalación ^[8] _____	27
Tabla 5.1 Propiedades de las bombas de Torre Espacio de Madrid parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	80
Tabla 5.2 Rendimientos y tipos de control de las bombas de Torre Espacio de Madrid parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	81
Tabla 5.3 Parámetros de los circuitos hidráulicos de Torre Espacio de Madrid [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	84
Tabla 5.4 Modo de operación de los circuitos hidráulicos de Torre Espacio de Madrid [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	85
Tabla 5.5 Control de los circuitos hidráulicos calefacción / ACS de Torre Espacio de Madrid [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	85
Tabla 5.6 Control de los circuitos hidráulicos de refrigeración de Torre Espacio de Madrid [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	85
Tabla 5.7 Características básicas de las enfriadoras de Torre Espacio de Madrid de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	89
Tabla 5.8 Conexiones a circuitos de las enfriadoras de Torre Espacio de Madrid de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	89
Tabla 5.9 Propiedades de las calderas de Torre Espacio de Madrid de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	91
Tabla 5.10 Propiedades de las torres de refrigeración de Torre Espacio de Madrid parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	95
Tabla 5.11 Características de los subsistemas secundarios de P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	109
Tabla 5.12 Características de las zonas de los subsistemas secundarios de P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	115

Tabla 5.13 Coeficientes de conversión a energía primaria y de paso a emisiones de CO ₂ ^[13] _____	123
Tabla 5.14 Calificación energética de Torre Espacio_____	125
Tabla 5.15 Calificación energética de Torre Espacio P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	126
Tabla 5.16 Emisiones anuales de CO ₂ de Torre Espacio parte P1 en Kg de CO ₂ [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	130
Tabla 5.17 Factor de reflexión del continente de una sala en función del color aplicado_____	137
Tabla 5.18 Índice UGR de la iluminación con luminarias fluorescentes de 2x36W [Salida del programa DIALUX]_____	140
Tabla 5.19 Variación del VEEI con el tipo de luminaria_____	142
Tabla 5.20 Indicadores de iluminación, climatización y global de emisiones de CO ₂ de la parte P1_____	143
Tabla 5.21 Comparación de los emisiones de CO ₂ entre el VEEI más eficiente y el VEEI inicial de la parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]____	144
Tabla 5.22 Emisiones de CO ₂ de la Torre Espacio de Madrid para la instalación de iluminación con el VEEI más eficiente, con el VEEI inicial y las de referencia_____	145
Tabla 5.23 Resultados de la instalación de iluminación con las luminarias iniciales y con las luminarias más eficientes (LED) de Torre Espacio de Madrid_____	147
Tabla 5.24 Calificación energética de cada parte del edificio objeto_____	150
Tabla 5.25 Desglose presupuestario de este proyecto_____	157

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 2.1 Contribución de las renovables al consumo de energía primaria en el 2009. http://www.idae.es [IDAE, CORES, Enagas, REE, CNE]_____	9
Gráfica 4.1 Resultados LIDER parte P.1 de Torre Espacio de Madrid [Salida del programa LIDER] _____	65
Gráfica 4.2 Resultados LIDER parte P.2 de Torre Espacio de Madrid [Salida del programa LIDER] _____	66
Gráfica 4.3 Resultados LIDER parte P.3 de Torre Espacio de Madrid [Salida del programa LIDER]_____	66
Gráfica 4.4 Resultados LIDER parte P.4 de Torre Espacio de Madrid [Salida del programa LIDER] _____	67
Gráfica 5.1 Emisiones de CO ₂ de Torre Espacio parte P1 en Kg de CO ₂ [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	128
Gráfica 5.2 Emisiones anuales de CO ₂ de Torre Espacio parte P1 en Kg de CO ₂ . [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	129
Gráfica 5.3 Variación de los indicadores de emisiones de CO ₂ con el VEEI de la parte P1 _____	143
Gráfica 5.4 Comparación de los indicadores de demanda entre el VEEI más eficiente y el VEEI inicial de la parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]_____	145
Gráfica 5.5 Comparación de emisiones de CO ₂ de la instalación de iluminación con el VEEI más eficiente, con el VEEI inicial y las de referencia de Torre Espacio_____	146
Gráfica 6.1 Resultados LIDER de la Torre Espacio de Madrid_____	148

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1. Introducción y objetivos

1.1 INTRODUCCIÓN_____	3
1.2 OBJETIVOS_____	3
1.3 FASES DE DESARROLLO_____	4
1.4 MEDIOS EMPLEADOS_____	5
1.5 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA_____	5



1.1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto es una aplicación real de las medidas impuestas por el gobierno, a través del Código Técnico de Edificación, en materia de ahorro energético y difusión del uso de renovables en los edificios; y analiza el edificio terciario Torre Espacio, situado en Madrid, Paseo de la Castellana s/n.

El proyecto fin de carrera se ha realizado porque aborda las medidas impuestas por el Gobierno para el ahorro en el consumo de energía y la difusión de energías renovables, cuya finalidad es resolver el problema de la dependencia energética española.

Es importante tratar este tema porque se supone que la situación empeorará. En el año 1998, España cubrió sus necesidades de energía primaria utilizando: petróleo 55%, carbón 15%, energía nuclear 14%, gas natural 10% y energías renovables 6% ^[1].

NOTAS:

Los principales campos de aplicación del petróleo son el transporte y las aplicaciones domésticas (propano y butano); mientras, el gas natural se usa en centrales térmicas de ciclo combinado, cogeneración y aplicaciones domésticas (agua caliente sanitaria y calefacción).

España dispone de reservas casi nulas de petróleo y gas natural y muy escasas de carbón. Además el carbón es de mala calidad.

Por tanto, queda demostrado que España depende mucho de la energía importada. Además la situación se supone que empeorará debido al aumento del consumo energético y a la moratoria nuclear apoyada por la población. Por lo tanto hay que ahorrar energía y difundir las energías renovables.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es obtener el consumo necesario para satisfacer la demanda, es decir, la calificación energética, de la Torre Espacio de Madrid. En base a este objetivo principal se proponen los siguientes objetivos parciales:

1. Obtención del informe de verificación de limitación de demanda energética para el edificio Torre Espacio; este informe debe cumplir los requisitos de la sección HE 1 del Documento Básico de Ahorro de Energía (HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) 2006.
2. Obtención del informe de calificación energética del edificio Torre Espacio; este informe genera una etiqueta de eficiencia energética.
3. Estudio de los distintos rangos de consumo energético y la mejora de la calificación del edificio en función de los parámetros principales de la instalación de iluminación del edificio.

1. Introducción y objetivos

1.3 FASES DE DESARROLLO

Para configurar una idea global que permita empezar a realizar el proyecto fin de carrera se ha consultado el proyecto fin de carrera del alumno de nuestra universidad Ricardo Fernández-Hidalgo Arroyo, que trata también sobre las medidas impuestas para ahorrar en el consumo de energía eléctrica y la difusión de las energías renovables.

Una vez que se tuvo claro el método de trabajo se estudiaron las normativas vigentes. El inmueble Torre Espacio de Madrid se construyó entre los años 2004 y 2007. Antes del año 2007 no había normas específicas de eficiencia energética, por lo que no fue obligatorio aplicar ninguna medida al edificio. Sin embargo, se han expuesto en la memoria las normativas vigentes, que son:

- Real Decreto 47/2007, cuya finalidad es establecer la metodología de obtención del certificado de eficiencia energética. Es vigente desde mayo del 2007.

- Documento Básico de Ahorro de Energía HE contenido en el artículo 15 del Código Técnico de la Edificación; su finalidad es establecer las nuevas prestaciones cualitativas en los edificios que a la vez permitan el ahorro de energía. Es vigente desde septiembre del 2006.

Junto a estas normativas funcionan unas estrategias que pretenden impulsar las energías renovables como energía primaria y estrategias que pretenden el ahorro en el consumo energético. Estas estrategias también se han mencionado en el proyecto.

Una vez presentado el marco regulatorio y sus estrategias complementarias ya se pudo empezar a realizar el proyecto en sí. Primero se aprendió a usar el software LIDER (Limitación de Demanda energética), que permitió conseguir el primer objetivo parcial de este proyecto fin de carrera, que es, recordar, la obtención del informe de verificación de limitación de demanda energética para el edificio.

Luego, se aprendió a usar el software CALENER (Calificación Energética), que permitió conseguir el segundo objetivo parcial de este proyecto fin de carrera, que es, recordar, la obtención del informe de calificación energética del edificio.

Más tarde se aprendió a usar el software DIALUX, que permitió conseguir el tercer objetivo parcial de este proyecto fin de carrera, que es, recordar, el estudio de la mejora de la calificación del edificio en función de la instalación de iluminación del edificio.

Finalmente, se analizaron los resultados desde el punto de vista del consumo energético expresado mediante la calificación energética del edificio, y de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).



1.4 MEDIOS EMPLEADOS

Todo el proyecto fin de carrera ha sido realizado en el domicilio del autor contando con el hardware propio para ello. Además se han descargado gratuitamente los software necesarios (LIDER, CALENER_GT y DIALUX) desde las páginas web oficiales. También hizo falta descargarse unos plugin para poder utilizar las luminarias de Philips en el software DIALUX.

1.5 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

Para facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo.

En el capítulo 2 se presentan las estrategias de sostenibilidad aplicadas en España para fomentar las energías renovables como energía primaria y para ahorrar en el consumo energético.

En el capítulo 3 se mencionan los aspectos más importantes del Documento Básico de Ahorro de Energía HE contenido en el artículo 15 del Código Técnico de la Edificación. Se ha dedicado un capítulo entero a esta normativa porque los software tratados en los capítulos siguientes se basan en su contenido.

En el capítulo 4 se detallan los pasos a seguir para obtener un informe de verificación de limitación de demanda energética para el edificio Torre Espacio con el software LIDER. Debido a las limitaciones del programa se ha dividido el inmueble en 4 partes. Los informes obtenidos para cada parte mostrarán si el edificio cumple la limitación de demanda energética. Si es así, se cumple también en conjunto.

En el capítulo 5 se muestra la metodología a seguir para obtener un informe de calificación energética para el edificio Torre Espacio con el software CALENER. Los informes obtenidos para cada parte mostrarán la calificación energética. Luego se mejora la calificación energética cambiando la iluminación fluorescente por una instalación de iluminación LED, que es más eficiente.

Finalmente, se analizan los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 2:

ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD EN ESPAÑA Y LA NORMATIVA RD 47/2007

ÍNDICE

2.1 ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD_____	8
2.2 DESARROLLO SOSTENIBLE_____	10
2.2.1 RD 47/2007_____	10

2.1 ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD

En el apartado 1.1 quedó demostrado que España depende mucho de la energía importada. Por lo tanto hay que ahorrar energía y difundir las energías renovables.

En cuanto a la difusión de energías renovables, el Plan de Fomento de Energías Renovables (PFER) 1999-2010 previó triplicar la producción eléctrica a partir de estas fuentes para 2010, es decir, previó conseguir un 18% de energía primaria con renovables. En España se cubría, en 2004, sólo el 6.5% del consumo energético con renovables^[2], tal como lo demuestra la siguiente tabla.

Producción con energías renovables en 2004 (1)			
	Potencia (MW)	Producción (GWh)	Producción en términos de Energía Primaria (ktep)
Generación de electricidad			
Hidráulica (> 50 MW) (2)	13.521	23.873	1.863
Hidráulica (Entre 10 y 50 MW)	2.897	5.097	438
Hidráulica (< 10 MW)	1.749	4.729	407
Biomasa	344	2.193	680
R.S.U.	189	1.223	395
Eólica	8.155	15.058	1.295
Solar fotovoltaica	37	57	5
Biogás	141	825	267
Solar termoelectrica	-	-	-
TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS	27.032	52.852	5.350
Usos térmicos			
	m² Solar t. baja temp.		(ktep)
Biomasa			3.487
Biogás			28
Solar térmica de baja temperatura	700.805		51
Geotermia			8
TOTAL ÁREAS TÉRMICAS			3.574
Biocarburantes (Transporte)			
TOTAL BIOCARBURANTES			228
TOTAL ENERGIAS RENOVABLES			9.152
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA (ktep)			141.567
Energías Renovables/Energía Primaria (%)			6,5%

(1): Datos de 2004, reales provisionales (a marzo-2005)

(2): Incluye producción con bombeo puro.

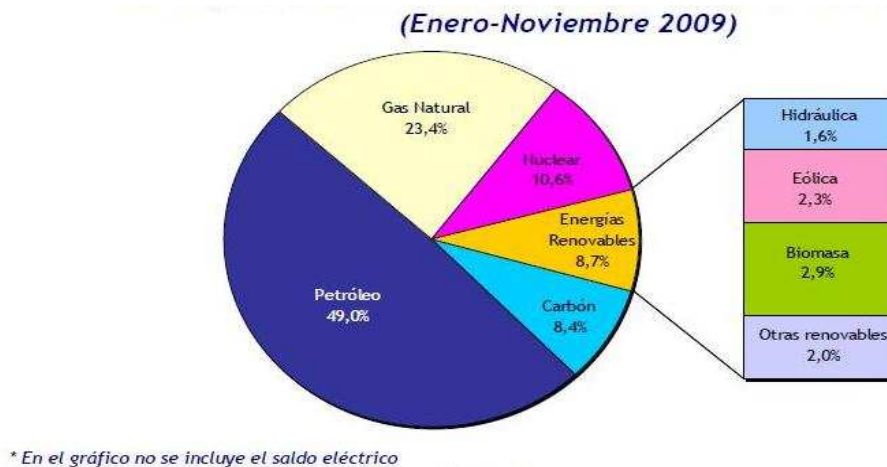
Tabla 2.1 Contribución energética de las renovables en España en el año 2004^[2]

Se demostraba que el plan era demasiado ambicioso y fue sustituido en el año 2005 por el *Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010*.

El PER 2005-2010 ha aumentado las primas a las renovables (eólica, biomasa, solar térmica y solar fotovoltaica) para generar electricidad y las ayudas directas a la fotovoltaica y a la termosolar. Con este nuevo plan se pretende que en 2010 el **12.1%** del consumo, es decir, 20220 Ktep (kilo toneladas equivalentes de petróleo), vengan de fuentes renovables^[2].

2. Introducción

Este plan tampoco va a cumplir sus propósitos ya que la aportación de la energía renovable al consumo de energía primaria en 2009 ha sido del 8,7% según la siguiente figura.



Gráfica 2.1 Contribución de las renovables al consumo de energía primaria en el 2009. <http://www.idae.es> [IDAE, CORES, Enagas, REE, CNE]

El Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010 es la herramienta de aplicación en España del Protocolo de Kioto de 1997, que entró en vigor en 2005. En Kioto el mundo acordó reducir en el periodo 2008-2012 las emisiones respecto al año de referencia 1990 en un 5.2% ^[3].

A España se le permitió aumentar sus emisiones en un 15%, pero según el informe del año 2008 de la Agencia Europea de Medioambiente, en el año 2006 se han superado las emisiones de 1990 en un 49,5%. En consecuencia España tendrá que comprar en el Mercado de Emisiones (contaminantes), derechos de emisiones a países con excedentes.

Junto con la estrategia de sostenibilidad PER 2005-2010, se entrecruzan otras dos estrategias, que tratan de disminuir el consumo de energía.

- *La Estrategia Española del Cambio Climático y Energía Limpia (EECCCL)*

Identifica a los sectores difusos (transporte, residencial, comercial e institucional, agrario, residuos y gases fluorados) como responsables del mayor crecimiento de los gases de efecto invernadero y propone acciones directas sobre ellos. En eficiencia, señala claramente la necesidad de incidir especialmente en transporte, equipamiento y ofimática, y residencial con un esfuerzo especial ^[4].

- *La Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética (E4)*

Esta estrategia se pone en práctica mediante planes de acción. La puesta en marcha del primer Plan de Acción (PAE4 2005-2007), de E4, aprobado por el Consejo de Ministros del día 08 de mayo de 2005, definió medidas prioritarias para iniciar un proceso de tensión sobre todos los sectores, de forma que se disminuyesen las tasas de

crecimiento en el consumo y en los indicadores de intensidad energética (IE) ^[4]. Ahora se va por el segundo plan, PAE4+ 2008-2012, que es una continuación del anterior.

La intensidad energética (IE) es la relación:

$$Intensidad_energética = \left(\frac{consumo_energético}{PIB} \right)_{per_cápita}$$

siendo PIB el producto interior bruto del país

En España, la IE ha aumentado por encima de la media europea, por lo que nuestro país es derrochador de energía. Esto se debe a que el gasto energético no genera riquezas para la población conforme a su crecimiento.

2.2 DESARROLLO SOSTENIBLE

En 1987, el informe “Nuestro Futuro Común” de la *Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo* de la Organización de Naciones Unidas definió “desarrollo sostenible” como el desarrollo que satisface nuestras necesidades sin comprometer las necesidades del futuro.

2.2.1 RD 47/2007

En el Protocolo de Kioto de 1997 la Unión Europea acordó reducir sus emisiones respecto al año 1990 en un 5.2% dentro del periodo 2008-2012. Para poder cumplir este acuerdo, el 16 diciembre de 2002 se aprobó la Directiva 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de edificios.

En esta directiva se destaca que los sectores de la vivienda y los servicios, dónde la edificación es el componente mayoritario, se absorbe aproximadamente el 40% del consumo final de la energía en la Unión Europea. El objetivo es conseguir que los estados miembros apliquen unos requisitos mínimos de eficiencia energética a los edificios nuevos y a los ya existentes, velen por la certificación de la eficiencia energética e impongan una inspección periódica de las calderas y los sistemas de climatización en los edificios. Una muestra de la situación de la contaminación alrededor de la Torre Espacio es la siguiente figura:



Figura 2.1 Contaminación atmosférica alrededor de la Torre Espacio de Madrid^[5]

2. Introducción

Con el fin de elaborar su propio certificado de eficiencia energética, España aprobó en enero del 2007 el Real Decreto 47/2007. El objetivo principal de este Real Decreto consiste en establecer el procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, con el que se inicia el proceso de certificación, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en el consumo de energía de los edificios. También se establecen en el mismo, las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los proyectos y de los edificios terminados ^[6].

El Real Decreto pasó a tener carácter obligatorio en mayo del mismo año 2007.

Como el procedimiento seguido en mi proyecto se basa en este Real Decreto 47/2007 se van a mencionar sus aspectos más importantes.

Artículo 1 Objeto, finalidad y definiciones

A efectos del presente procedimiento básico se establecen las siguientes definiciones:

Eficiencia energética de un edificio: Consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

Calificación de eficiencia energética de un edificio: Expresión de la eficiencia energética de un edificio que se determina de acuerdo con una metodología de cálculo y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética.

Etiqueta de eficiencia energética: Distintivo que indica el nivel de calificación obtenido por el proyecto o por el edificio terminado. Aparece en el anexo II de este Real Decreto.

Certificación de eficiencia energética del edificio terminado: Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto con la del edificio terminado y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del edificio terminado.

Artículo 2. Ámbito de aplicación

El procedimiento básico es de obligado cumplimiento para los edificios de nueva construcción, entre otros.

Artículo 4 Calificación de eficiencia energética de un edificio

La obtención de la calificación puede llevarse a cabo mediante una de las dos opciones siguientes:

Opción general: en este caso, la calificación se obtiene a través de un programa informático que desarrolla la metodología de cálculo expuesta en el anexo I de este Real Decreto de manera directa. El programa informático oficial se denomina CALENER.

Opción simplificada: desarrolla la metodología de cálculo del anexo I de este Real Decreto de manera indirecta.

Artículo 10. Validez, renovación y actualización del certificado de eficiencia energética

El certificado de eficiencia energética tendrá una validez máxima de 10 años. El propietario del edificio será el responsable de la renovación o actualización del certificado de eficiencia energética.

Artículo 11. Etiqueta de eficiencia energética

Deberá figurar siempre, de forma clara e inequívoca en la etiqueta, si ésta se refiere al certificado de eficiencia energética del proyecto o al del edificio terminado.

Artículo 12. Obligación de exhibir la etiqueta de eficiencia energética

Todos los edificios ocupados por la administración pública (o instituciones que presten servicios públicos) con una superficie útil total superior a 1000 m² exhibirán de forma obligatoria, en lugar destacado y claramente visible por el público, la etiqueta de eficiencia energética.

Artículo 13. Información sobre el certificado de eficiencia energética

Cuando se venda o alquile un edificio, total o parcialmente, el vendedor o arrendador entregará al comprador o inquilino el certificado de eficiencia energética del edificio terminado.

NOTA: Los artículos 12 y 13 son muy importantes para el edificio tratado en mi proyecto.

Artículo 17 Infracciones y sanciones

El incumplimiento de cualquiera de los preceptos contenidos en el procedimiento básico se considerará infracción en materia de protección al consumidor.

Anexo I. Especificaciones técnicas de la metodología del cálculo de la calificación de eficiencia energética

El método a emplear se basa en el sistema denominado “auto-referente”, mediante el cual el edificio a certificar se compara con otro denominado de referencia.

El edificio de referencia deberá tener las siguientes características:

- Misma forma y tamaño que el edificio a certificar
- Misma zonificación interior y mismo uso de cada zona que tenga el edificio a certificar
- Mismos obstáculos remotos del edificio a certificar

2. Introducción

- Unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta, por un lado, y unos elementos de sombra, por otro, que cumplan con los requisitos mínimos que figuran en la opción simplificada de la sección HE 1 del Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Mismo nivel de iluminación que el edificio a certificar y un sistema de iluminación que cumpla con los requisitos mínimos que figuran en la sección HE 3 del CTE
- Las instalaciones térmicas de referencia en función del uso y del servicio del edificio cumplirán los requisitos mínimos que figuran en la sección HE 2 del RITE y en la sección HE 4 del CTE
- En los casos en que así lo exija el Documento Básico de Ahorro de Energía HE contenido en el artículo 15 del CTE, la contribución solar fotovoltaica mínima de energía eléctrica conforme a la sección HE 5 del CTE

Anexo II. Etiqueta de eficiencia energética

La etiqueta de eficiencia energética incluirá, como mínimo, la siguiente información:

- Reflejo de si la etiqueta se refiere a la calificación de eficiencia energética del proyecto o del edificio terminado.
- Zona climática donde se ubique el edificio, de acuerdo a la sección HE 1 del CTE, localidad y uso del edificio
- Valor numérico del consumo de energía primaria estimado del edificio, expresado en KWh/año, y de emisiones de dióxido de carbono, expresado en Kg CO₂/año, así como los ratios por m² de superficie
- Fecha de validez de la etiqueta energética, con el rótulo: “Válida hasta dd/mm/aaaa”.
- Los dos párrafos de la parte baja de la figura 2.2

Además, la etiqueta de eficiencia energética de edificios en territorio español se ajustará al contenido siguiente:

Calificación de eficiencia energética de Edificios proyecto/edificio terminado	
<p>Más</p> <p>Menos</p>	
<p>Edificio: _____</p> <p>Localidad/Zona climática: _____</p> <p>Uso del Edificio: _____</p> <p>Consumo Energía Anual: _____ kWh/año (_____ kWh/m²)</p> <p>Emissiones de CO₂ Anual: _____ kgCO₂/año (_____ kgCO₂/m²)</p> <p><i>El Consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son las obtenidas por el Programa _____, para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación</i></p> <p><i>El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros factores.</i></p>	

Figura 2.2 Etiqueta de eficiencia energética ^[6]

La calificación de eficiencia energética que se asigna al edificio va desde la letra A, que corresponde al edificio más eficiente, a la letra G, correspondiente al edificio menos eficiente. Esta asignación se realiza en función de un único indicador, que es el cociente entre las emisiones de CO₂ del edificio a certificar y las emisiones de CO₂ del edificio de referencia. Esta clasificación es recogida en la tabla que sigue.

Calificación de eficiencia energética del edificio	Indicador de calificación de eficiencia energética
A	indicador < 0.40
B	$0.40 \leq \text{indicador} < 0.65$
C	$0.65 \leq \text{indicador} < 1.00$
D	$1.00 \leq \text{indicador} < 1.3$
E	$1.3 \leq \text{indicador} < 1.6$
F	$1.6 \leq \text{indicador} < 2$
G	$2 \leq \text{indicador}$

Tabla 2.2 Calificación energética de edificios destinados a usos que no sea viviendas

En el siguiente capítulo se va a tratar la otra normativa (de obligado cumplimiento) sobre eficiencia energética que es vigente en territorio español, el Documento Básico de Ahorro de Energía HE.

CAPÍTULO 3:

DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA HE



3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

ÍNDICE

3.1 HE 1: LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA_____	18
3.1.1 DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS_____	18
3.1.1.1 Demanda energética _____	18
3.1.1.2 Condensaciones _____	21
3.1.1.3 Permeabilidad al aire _____	21
3.1.2 CÁLCULO Y DIMENSIONADO_____	21
3.1.2.1 Datos previos _____	21
3.1.2.1.1 Zonificación climática_____	21
3.1.2.1.2 Clasificación de los espacios habitables_____	21
3.1.2.1.3 Definición de la envolvente térmica del edificio_____	22
3.1.2.2 Opción general de cálculo _____	22
3.1.3 PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN_____	24
3.2 HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS_	25
3.3 HE 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN_____	26
3.3.1 EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN_____	30
3.3.1.1 ¿Cómo se genera luz en una bombilla? _____	30
3.3.1.2 Luminaria _____	31
3.3.1.3 Lámparas fluorescentes _____	31
3.3.1.3.1 Funcionamiento de las lámparas_____	32
3.3.1.3.2 Efecto estroboscópico_____	32
3.3.1.3.3 Componentes de la lámpara fluorescente_____	32
3.3.1.3.4 Consideraciones eléctricas sobre los tubos fluorescentes____	33
3.3.1.4 Led _____	34
3.4 HE 4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) _____	34
3.5 HE 5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA_____	34

El 17 de Marzo de 2006 el Ministerio de Vivienda aprobó el Real Decreto 314/2006 (CTE) ^[7], que entró en vigor, posteriormente, el 28 de Marzo de 2006. El artículo 15 del CTE, Documento Básico de Ahorro de Energía HE, pasó a tener carácter obligatorio el 29 de Septiembre de 2006, 6 meses después de la entrada en vigor ^[8]. Tras un periodo de coexistencia de seis meses en unos casos y de un año en otros casos, la viejas Normas Básicas de la Edificación (NBE-CT-79, NBE-CA-88, etc.) quedaron derogadas.

A través de este Código Técnico de la Edificación se crea un nuevo marco normativo para regular las exigencias básicas de calidad en los edificios.

NOTA:

Las exigencias básicas son las prestaciones de carácter cualitativo que los edificios deben cumplir para alcanzar la calidad que la sociedad demanda. Las exigencias básicas deben respetarse en el proyecto, la construcción, el mantenimiento y la conservación de los edificios y sus instalaciones.

Como se ha visto en la introducción, para la obtención de una calificación energética válida, el edificio Torre Espacio de Madrid, en este caso, tiene que cumplir con las exigencias básicas de ahorro de energía (HE) del artículo 15 del CTE, que son:

HE 1: Limitación de demanda energética

HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS)

HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

Según la HE 4, otro objetivo del requisito básico HE consiste en conseguir que una parte del consumo de energía proceda de fuentes de energía renovable.

NOTA:

La limitación del consumo energético debido a la exigencia básica HE 1 no debe afectar a las condiciones de bienestar térmico.

3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

3.1 HE 1: LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA

Para la correcta aplicación de HE 1 deben considerarse los aspectos siguientes:

- la evaluación de la limitación de la demanda energética del edificio se realiza comparando el edificio objeto con el edificio de referencia.
- se limita la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los *cerramientos y particiones interiores* y se limitan las pérdidas energéticas debidas a las infiltraciones de aire, para unas condiciones normales de utilización de los edificios.

A efectos del presente Documento Básico se establecen las siguientes definiciones:

Cerramiento: elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior

Partición interior: Elemento constructivo del edificio que divide su interior en recintos independientes. Pueden ser verticales (paredes y tabiques) u horizontales (suelos y techos).

3.1.1 DEFINICIÓN Y CUNTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS

3.1.1.1 Demanda energética

La demanda energética de los edificios se limita en función de la zonificación climática (depende de la severidad del invierno y del verano) y de la carga interna en sus espacios (depende de la actividad en el recinto).

La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio de referencia en el que los parámetros característicos medios de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica sean los valores límites establecidos en la tabla 3.1 (es decir el edificio de referencia consumirá más calefacción y refrigeración).

Parámetro característico: Los parámetros característicos son las magnitudes que se suministran como datos de entrada a los procedimientos de cumplimentación.

Envolvente térmica: Se compone de los cerramientos del edificio y las particiones interiores

Los parámetros característicos de la envolvente son U_{media} (transmitancia térmica media) y F_{media} (factor solar modificado medio).

Transmitancia térmica: Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

Certificación energética de un edificio comercial

Factor solar: Es el cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente.

Factor solar modificado: Producto del factor solar por el factor de sombra.

U_{media} y F_{media} se obtienen ponderando los parámetros correspondientes a cada cerramiento, según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece (suelo, fachada, partición interior, etc.). Por ejemplo, U_{media} sería:

$$U_{medio} = \frac{\sum U_j \cdot A_j}{\sum A_j} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

Para huecos (puertas o ventanas) en muros de fachada, U_{media} y F_{media} tienen un valor distinto para cada una de las orientaciones de la siguiente figura:

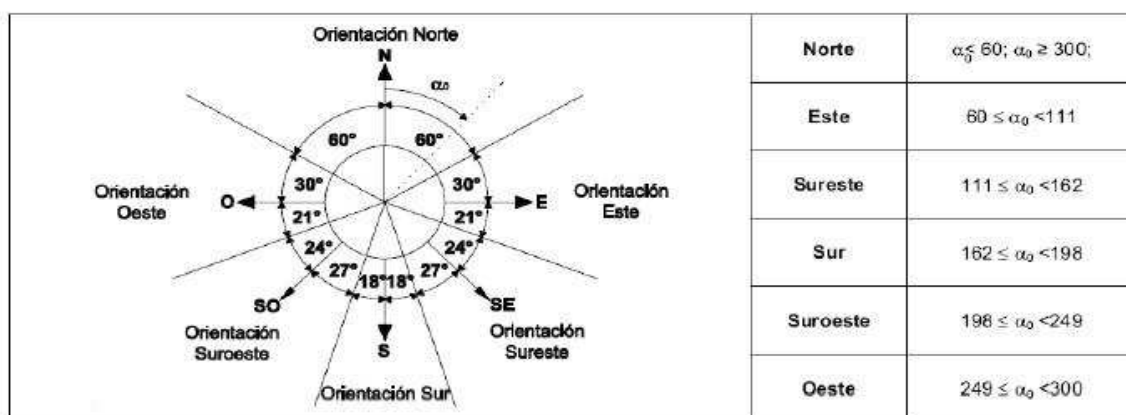


Figura 3.1 Orientaciones posibles de los muros de fachada^[8]

La orientación de una fachada se obtiene mediante el ángulo α_0 , que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario.

En la tabla siguiente se muestran, a modo de ejemplo, los valores límite de los parámetros medios para Madrid (zona climática D3):

3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

ZONA CLIMÁTICA D3										
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno					$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$					
Transmitancia límite de suelos					$U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$					
Transmitancia límite de cubiertas					$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$					
Factor solar modificado límite de lucernarios					$F_{Llim}: 0,28$					
% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,6	3,6	3,6	3,6	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,6	3,6	3,6	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,6	3,6	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,8 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,56	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} sea inferior a 0,47 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

Tabla 3.1 Valores límite para parámetros característicos medios en Madrid capital^[8]

Porcentaje de huecos: la fracción del área total de la fachada ocupada por los huecos de la misma expresada en porcentaje, esto es:

$$\% Huecos = \frac{\text{Área_huecos}}{\text{Área_huecos} + \text{Área_fachada}}$$

Obsérvese que la transmitancia límite de huecos difiere en función del porcentaje de huecos y de la orientación de la fachada, por lo tanto la transmitancia media de huecos habrá que calcularla finalmente en función de ambas características.

El factor solar modificado de huecos depende además del tipo de espacio de que se trate (baja carga interna o alta carga interna).

Como se ve, a medida que el porcentaje de huecos de la fachada aumenta, la condición que impone este documento básico HE se vuelve más restrictiva, limitando con ello la transferencia de calor.

3.1.1.2. Condensaciones

Condensaciones superficiales

Para limitar la formación de mohos en las superficies interiores de los cerramientos exteriores y de las particiones interiores, la humedad relativa media mensual, en dicha superficie, será inferior al 80%.

Condensaciones intersticiales

Para evitar la pérdida de funcionalidad en los cerramientos y particiones interiores, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no deberá superar la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

3.1.1.3. Permeabilidad al aire

Esta característica de la carpintería de los huecos y lucernarios de los cerramientos se debe limitar para obstaculizar demasiada entrada de aire exterior.

La permeabilidad al aire, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá un valor inferior a $27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ para la zona climática D.

3.1.2 CÁLCULO Y DIMENSIONADO

3.1.2.1 Datos previos

3.1.2.1.1 Zonificación climática

Según lo dicho en el apartado 3.1.1.1 (Demanda energética), la demanda energética de los edificios se limita en función de la zonificación climática y de la carga interna en sus espacios.

Se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, que corresponde a la severidad de invierno (A, B, C, D o E), y un número, que corresponde a la severidad de verano (1, 2, 3 o 4). Las 12 divisiones que resultan para España son A3, A4, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3 (Madrid) y E1.

3.1.2.1.2 Clasificación de los espacios habitables

A efectos del cálculo de la demanda energética, los espacios habitables se clasifican según la demanda térmica en:

Espacios con baja carga interna: espacios destinados a residencia eventual o permanente en los que se disipa poco calor por las actividades realizadas dentro

3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

Espacios con alta carga interna: espacios con elevada ocupación, gran iluminación o alta concentración de equipos (los demás espacios habitables)

A efectos de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se clasifican según humedad interior (norma EN ISO 13788: 2002) en:

Espacios de clase higrométrica 5: espacios con gran producción de humedad (lavanderías y piscinas).

Espacios de clase higrométrica 4: espacios con alta producción de humedad (cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos).

Espacios de clase higrométrica 3 o inferior: espacios en los que no se prevé una alta producción de humedad. Se incluyen aquí todos los espacios de edificios residenciales y de tipo comercial.

3.1.2.1.3 Definición de la envolvente térmica del edificio

Cubiertas: cerramientos en contacto con el aire con inclinación inferior a 60° respecto a la horizontal.

Suelos: cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados en contacto con el aire.

Fachadas: cerramientos exteriores en contacto con el aire y con inclinación superior a 60° respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones (recordar).

Medianerías: cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos.

Cerramientos en contacto con el terreno: Pueden ser suelos en contacto con el terreno, muros en contacto con el terreno o cubiertas enterradas.

Cerramientos y particiones interiores (ya definidas)

3.1.2.2 Opción general de cálculo

Esta opción general se ha de realizar mediante programas informáticos que desarrollen el método de cálculo.

Para poder aplicar esta opción general, es necesario disponer de los planos con la definición geométrica del edificio, así como su definición constructiva.

- **Método de cálculo**

El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento de la opción general se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitudes exteriores e interiores y considerando los efectos de masa térmica.

a) Para la definición geométrica, es necesario especificar los siguientes datos:

- Situación, forma, dimensiones, orientación e inclinación de todos los cerramientos de espacios habitables y no habitables.
- Longitud de los puentes térmicos

Puente térmico: zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción (pilares, contorno de huecos y lucernarios, unión de cubierta con fachada, unión de fachadas, etc.) → aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales, en la situación de invierno o épocas frías

- Situación, forma y dimensiones de los huecos de cada cerramiento.
- Forma y dimensiones de los obstáculos de fachada (retranqueos, voladizos, toldos,...) para cada hueco. En Torre Espacio de Madrid no se consideran.
- Coeficientes correctores de los parámetros de caracterización del hueco para persianas y cortinas exteriores. En Torre Espacio no se consideran.
- Situación forma y dimensiones de los obstáculos remotos.

b) Para la definición constructiva se precisan datos para los siguientes elementos:

- parte opaca de los cerramientos (ver el apartado siguiente, 3.1.3)
- puentes térmicos (conductividad térmica)
- huecos y lucernarios (ver el apartado siguiente, 3.1.3)

Además, se deben dividir los espacios según tres criterios: que sean habitables o no habitables, que sean de baja o alta carga interna y en función de su clase higrométrica. Una vez introducidos todos los datos necesarios, se podrá obtener el cálculo de la demanda del edificio objeto en relación al edificio de referencia.

La aplicación informática oficial denominada Limitación de la Demanda Energética (**LIDER**) es la que va a ser utilizada en este proyecto.

3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

3.1.3 PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

Los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas se definen mediante las siguientes propiedades:

- conductividad térmica λ [W/(m · K)], la densidad ρ , el calor específico C_p y el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ (adim.); éstas se definen para cada capa del cerramiento

Los productos para huecos y lucernarios se caracterizan mediante los siguientes parámetros:

- Parte semitransparente: transmitancia térmica U y factor solar g
- Marco: transmitancia térmica y absorptividad α .

Absortividad: Fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma. La absorptividad va de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%).

Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda

E.1 TRANSMITANCIA TÉRMICA

La transmitancia de la parte opaca de un cerramiento en contacto con el aire exterior (fachada, cubierta y suelo) se obtiene según:

$$U_j = \frac{1}{R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

R_{si} [m² · K/W] es la resistencia térmica superficial del aire interior

R_{se} [m² · K/W] es la resistencia térmica superficial del aire exterior

e_i son los espesores de las capas del cerramiento o partición interior

λ_i son las conductividades de los elementos constructivos

Los valores de las resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior y de las particiones interiores en contacto con espacios no habitables que a su vez están en contacto con el aire exterior ((m² · K)/W), se encuentran tabulados en esta misma sección del HE:

E.1.4.1 Transmitancia térmica de huecos

La transmitancia térmica de los huecos U_H [$W / m^2 \cdot K$] se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1 - F_M) \cdot U_{H,V} + F_M \cdot U_{H,m} \quad W / (m^2 \cdot K)$$

$U_{H,V}$ la transmitancia térmica de la parte semitransparente [$W / m^2 \cdot K$]

$U_{H,M}$ la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [$W / m^2 \cdot K$]

F_M la fracción del hueco ocupada por el marco.

3.2 HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Según esta exigencia básica HE 2, los edificios deben disponer de instalaciones térmicas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Su descripción detallada se encuentra en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

3.3 HE 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural.

HE 3 es de aplicación a las instalaciones de iluminación interior en edificios de nueva construcción, entre otros.

Se excluyen del ámbito de aplicación los alumbrados de emergencia.

Para que la aplicación de HE 3 sea efectiva deben verificarse:

a) El cálculo del valor de eficiencia energética VEEI en cada zona, constatando que no se superan los valores de eficiencia energética límite, consignados en la tabla 3.2 de este apartado.

El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI), es el parámetro fundamental que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación en una zona.

En la práctica se establece un VEEI para cada uno de los espacios que forman parte del edificio. Para ello es necesario indicar la potencia eléctrica por unidad de área necesaria para conseguir un nivel de iluminancia determinado referenciado a 100lux. Por ello aplicaremos la expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{E_m} \text{ [W/ (m}^2 \cdot 100 \text{ lux)]}$$

Donde

P es la potencia de las lámparas más los equipos auxiliares por unidad de área [W/m²];
E_m es la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

En la página 26 voy a definir la iluminancia media horizontal mantenida E_m.

Certificación energética de un edificio comercial

Las zonas del edificio se dividen en dos categorías diferenciadas en función de sus valores límite de VEEI.

Grupo 1: son las zonas de no representación, en las que el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética son los criterios fundamentales.

Grupo 2: son las zonas de representación, en las los criterios preponderantes son ahora el diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario.

Los VEEI límite incluyen la iluminación general y la localizada.

grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico ⁽⁴⁾	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios ⁽²⁾	4,0
	habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	zonas comunes ⁽¹⁾	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
	espacios deportivos ⁽⁵⁾	5
2 zonas de representación	administrativo en general	6
	estaciones de transporte ⁽⁶⁾	6
	supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁹⁾	8
	hostelería y restauración ⁽⁸⁾	10
	recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	religioso en general	10
	salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁷⁾	10
	tiendas y pequeño comercio	10
	zonas comunes ⁽¹⁾	10
	habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12

Tabla 3.2 Valores límite de eficiencia energética de la instalación^[8]

Se observa que en las zonas de no representación, los valores límite del VEEI permitidos son más bajos puesto que se considera que en este tipo de zonas la iluminación es solo un medio para poder desarrollar las actividades en el edificio.

3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

En la parte de los resultados de la memoria del proyecto figurarán, para cada zona, al menos:

- la iluminancia media horizontal mantenida (E_m) obtenida
- el VEEI resultante

Ahora voy a definir el parámetro iluminancia media horizontal mantenida.

Iluminancia (E): relación entre el flujo luminoso y el área de un elemento que contiene al punto iluminado.

$$E = \frac{\Phi}{A} \left[\frac{lumen}{m^2} \right] = lux$$

En general, cuanto mayor sea la dificultad de percepción visual, mayor deberá ser el nivel medio de la iluminación. La escala de iluminancia recomendada va desde los 20 hasta los 5000 lux ^[9].

Iluminancia media horizontal (E): iluminancia promedio sobre el área horizontal.

Iluminancia media horizontal mantenida (E_m): valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia media del área especificada. En áreas ocupadas de modo continuo no debe ser inferior a 200 lux ^[8].

El Comité Técnico 169 del Comité Europeo Normalizador (CENTC 169) establece un nivel de iluminancia media horizontal mantenida de 500-1000 lux en espacios de oficinas.

b) La existencia de un sistema de control y, en su caso, de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, cumpliendo lo dispuesto en este apartado

Cada zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual que debe situarse fuera de los cuadros eléctricos.

Además, las zonas de uso esporádico (aseos, pasillos, escaleras, aparcamientos, etc.) deben incluir sistemas de temporización o sistemas de detección de presencia (infrarrojos, ultrasonidos o microondas).

Por último, se deben instalar sistemas de aprovechamiento de luz natural en zonas con cerramientos acristalados al exterior. Este sistema se instalará en la primera línea de luminarias paralela a la ventana situadas a una distancia inferior a tres metros de la misma y en las situadas bajo un lucernario, en el caso siguiente:

- Zonas con cerramientos acristalados al exterior

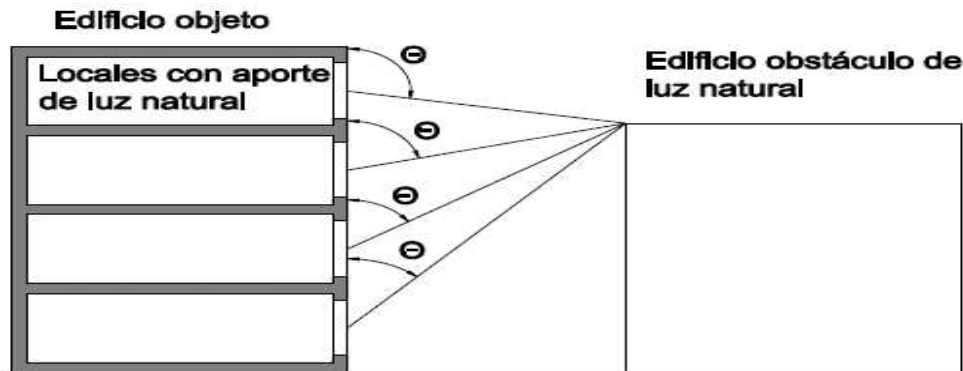


Figura 3.2 Edificio con cerramientos acristalados al exterior^[8]

La instalación del sistema de aprovechamiento de luz natural es obligatoria si se cumplen simultáneamente:

- $\Theta > 65^\circ$ siendo Θ el ángulo que forman el punto medio del acristalamiento y la cota máxima del edificio obstáculo.

- $T(A_w/A) > 0.11$, siendo

T el coeficiente de transmisión del vidrio (adim.)

A_w el área de acristalamiento del vidrio en m^2

A el área de todas las superficies interiores del local incluyendo suelo, techo, paredes y ventanas en m^2 .

En lo que respecta a las lámparas, en esta exigencia HE 3 se limita la potencia del conjunto lámpara más equipo auxiliar estableciéndose unos valores máximos.

c) Plan de mantenimiento definido en el proyecto que permita mantener los parámetros luminotécnicos y el valor de eficiencia energética de la instalación.

3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

Aunque esta sección HE 3 se limita a ofrecer algunos datos de potencias máximas para equipos auxiliares, se considera relevante realizar una descripción de los equipos más importantes que forman el conjunto de la instalación de iluminación y que determinan en gran medida su eficacia luminosa.

Eficacia luminosa o rendimiento luminoso (η): es la relación entre el flujo luminoso emitido y la potencia consumida por la fuente.

$$\eta = \frac{\Phi}{W} \left[\frac{\text{lumen}}{W} \right]$$

Un alto rendimiento nos permite obtener iluminaciones elevadas a bajo precio.

3.3.1 EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

En los edificios como el edificio objeto de estudio de este proyecto, las luminarias que predominan son las luminarias con lámparas fluorescentes, ya que luz de los fluorescentes es especialmente indicada en todos aquellos lugares donde se necesite una iluminación de calidad (oficinas, tiendas, talleres, salas y salones de actos).

3.3.1.1 ¿Cómo se genera luz en una bombilla?

La luz se compone de radiaciones electromagnéticas en forma de ondas, que pueden producirse de forma muy variada según las causas que la provoquen. Si la causa se debe exclusivamente a la temperatura del cuerpo radiante, el fenómeno se llama termorradiación (radiación a alta temperatura); en el resto de casos el fenómeno se llama luminiscencia (radiación a temperatura ambiente).

Luminiscencia: Cuando un sólido recibe energía procedente de una radiación incidente, ésta es absorbida por su estructura electrónica y posteriormente es de nuevo emitida cuando los electrones vuelven a su estado fundamental.

En función de la radiación que estimula esta emisión, tendremos unos procesos luminiscentes u otros.

- Fluorescencia

Cuando las sustancias luminiscentes sólo emiten luz mientras son excitadas por la radiación ultravioleta de onda corta, la cual transforman en una radiación de onda más larga (luz en el espectro visible), la fotoluminiscencia se llama fluorescencia.

Como sustancias luminiscentes se emplean, el volframato de calcio, el volframato de magnesio, el silicato de zinc, el silicato o el borato de cadmio, halofosfatos, etc.

Mediante una mezcla apropiada de estas sustancias, se puede obtener prácticamente cualquier color de luz que se desee.

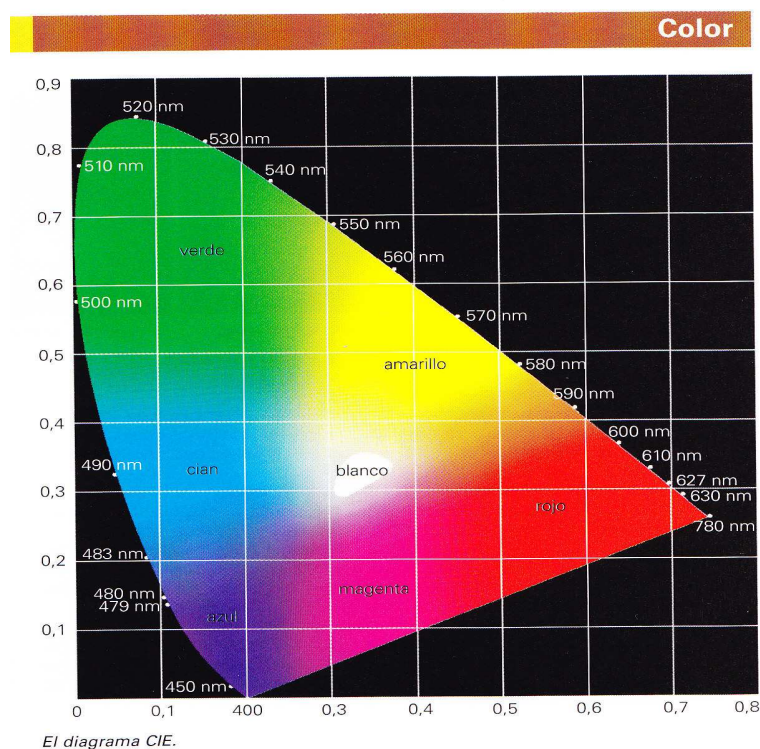


Figura 3.3 El diagrama de colores [Gran Enciclopedia Planeta. Año 2004]

A continuación voy a explicar un poco el conjunto de la instalación de iluminación, que determina en gran medida su eficiencia.

3.3.1.2 Luminaria

La luminaria es el dispositivo que sirve de soporte y conexión de las lámparas a la red eléctrica; además filtra y distribuye la luz emitida por ellas.

3.3.1.3 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes se usan en oficinas en forma de tubos.

En los extremos de este tubo se encuentran los cátodos de wolframio impregnados en una pasta formada por óxidos alcalinotérreos que facilitan la emisión de electrones. El tubo está relleno de una pequeña cantidad de mercurio líquido (a temperatura ambiente) y gas argón a baja presión para facilitar el encendido.

La ampolla está hecha de vidrio cal – soda suavizado con óxido de hierro para controlar la transmisión ultravioleta de onda corta.

3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

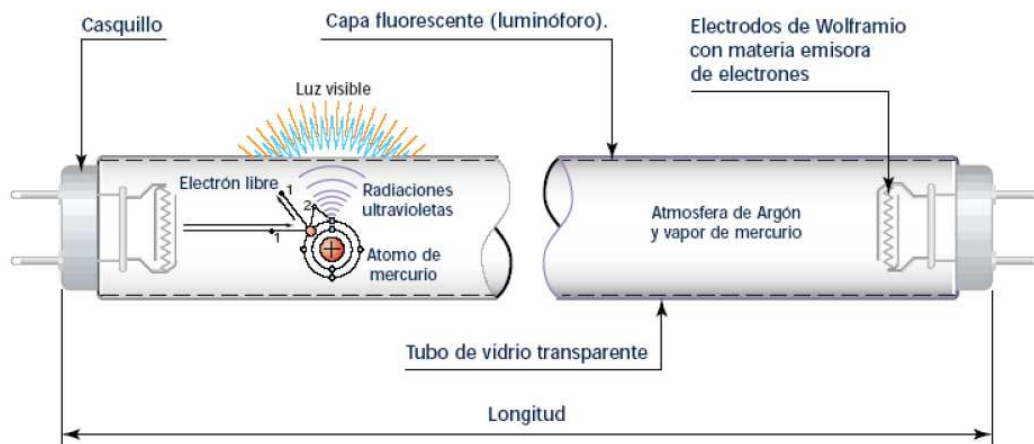


Figura 3.4 Tubo fluorescente[Asignatura Luminotecnia. UC3M]

1. Funcionamiento de las lámparas

La corriente eléctrica que atraviesa los electrodos, los calienta y les hace emitir electrones. La emisión de electrones (descarga) empieza en el argón ya que al principio el mercurio es líquido. El calor producido, evapora rápidamente el mercurio. Los electrones en su recorrido de un extremo a otro del tubo, chocan con los átomos de mercurio y la energía desprendida en el choque se transforma en radiaciones ultravioletas y por lo tanto invisibles, pero capaces de excitar la capa fluorescente que recubre el interior del tubo, con lo que se transforman en luz visible.

Los dos filamentos del fluorescente actúan como cátodo y como ánodo según el semiciclo de la tensión alterna de alimentación.

2. Efecto estroboscópico

En todas las fuentes de luz artificiales que funcionan con corriente alterna cesa su emisión cada vez que la corriente pasa por cero. En las lámparas de descarga que funcionan con redes de 50 Hz., el ojo no es capaz de apreciar las variaciones tan rápidas de luz. Este fenómeno se conoce como efecto estroboscópico y se puede hacer insensible distribuyendo la conexión de la instalación de iluminación entre las tres fases de una línea trifásica.

3. Componentes de la lámpara fluorescente

El circuito fundamental de funcionamiento de una lámpara fluorescente está formado por la lámpara fluorescente y el balasto electrónico.

En nuestras instalaciones utilizaremos equipos electrónicos capaces, no sólo de encender las lámparas fluorescentes, sino también de regular el flujo luminoso que emiten. Los balastos electrónicos se apoyan en que el rendimiento luminoso de las lámparas fluorescentes es muy superior a frecuencias por encima de los 30KHz.

Ventajas balastos electrónicos vs. balastos electromagnéticos

- Ergonómicas:
 - o Capacidad de regular el flujo luminoso de las lámparas
 - o Ausencia de zumbidos molestos.

- Económicas:
 - o Reducción del consumo eléctrico debido a la eliminación del consumo de energía reactiva
 - o Aumento de la vida de las lámparas en torno al 50%
 - o Reducción de gastos de mantenimiento

- Del funcionamiento:
 - o Amplio rango de tensión de alimentación
 - o Protección contra cortocircuitos, sobretensiones o funcionamiento anormal de la lámpara

La vida media de los tubos fluorescentes es del orden de 7.500 horas.

La eficacia de una lámpara fluorescente será de 33 a 68 Lm/W.

La temperatura exterior a la ampolla influye mucho sobre la producción de rayos ultravioleta; cuanto mayor sea esta temperatura, peor.

4. Consideraciones eléctricas sobre los tubos fluorescentes

Eléctricamente el tubo equivale a una carga puramente óhmica, mientras que el balasto supone una carga fuertemente inductiva. Así, pues, el conjunto lámpara-balasto equivale a una carga inductiva con un bajo factor de potencia.

El $\cos\phi$ del conjunto (lámpara + equipo auxiliar) tiene que ser como mínimo 0.9.

3. Documento Básico de Ahorro de Energía HE

Según la “Guía Técnica de iluminación eficiente. Sector residencial y terciario. IDAE”^[10], el 50% del consumo en una oficina se debe a iluminación.

Este problema se puede solucionar utilizando lámparas con LED en vez de lámparas fluorescentes.

3.3.1.4 Led

LED significa "diodo emisor de luz". Un diodo es un dispositivo fabricado de dos materiales conductores diferentes que permiten circular la corriente en una sola dirección.

Cuando pasa electricidad por el diodo, los átomos de uno de los materiales se excitan a un nivel superior de energía. Esta energía se libera cuando los átomos transfieren electrones al otro material. Durante esta liberación de energía es cuando se produce luz. El color de la luz del LED dependerá del material inorgánico con el que está fabricado el diodo y de cómo esté configurado.

3.4 HE 4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

En los edificios con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, recogidos en este CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas se cubrirá mediante sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones competentes.

3.5 HE 5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En los edificios mencionados en este CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos.

Como ya se conoce el marco normativo, el siguiente paso es aplicar las normas al edificio objeto de estudio, la Torre Espacio de Madrid. Se debe recordar que el edificio se construyó antes de que entraran en vigor las normas específicas de eficiencia energética. Por lo tanto, la aplicación de la normativa sólo va a llevar a la obtención de la etiqueta de eficiencia energética, sin poder modificar la construcción.

La aplicación de las normas comienza con la verificación del cumplimiento de la limitación de demanda energética para el edificio. El cumplimiento de la limitación de demanda energética se analizará en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4:

LIDER



4. LIDER

ÍNDICE

4.1 FORMULARIO DE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO_____	38
4.2 GESTIÓN DE LA BASE DE DATOS_____	40
4.2.1. CREACIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS_____	41
4.2.2. MATERIALES_____	42
4.2.3 CERRAMIENTOS_____	43
4.2.4 VIDRIOS_____	44
4.2.5 MARCOS_____	45
4.2.6 HUECOS_____	46
4.3 OPCIONES Y VALORES POR DEFECTO_____	47
4.3.1 ESPACIO DE TRABAJO_____	47
4.3.2 CONSTRUCCIÓN_____	49
4.4 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL EDIFICIO_____	50
4.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES_____	53
4.4.2 CREACIÓN DE LAS PLANTAS_____	54
4.4.3 CREACIÓN DE LOS ESPACIOS_____	56
4.4.4 CREACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS_____	59
4.4.5 CREACIÓN DE LAS PARTICIONES HORIZONTALES_____	60
4.4.6 VENTANAS Y PUERTAS_____	61
4.4.7 CREACIÓN DE ELEMENTOS SINGULARES_____	62
4.5 VISTA TRIDIMENSIONAL DEL EDIFICIO_____	63
4.6 RESULTADOS_____	65



La aplicación LIDER es la implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia básica de Limitación de Demanda Energética HE 1 para el edificio, Torre Espacio de Madrid, en este proyecto fin de carrera. HE 1 está recogida en el Documento Básico de Ahorro de Energía HE del Código Técnico de la Edificación CTE.

Mediante esta herramienta informática se realizan las descripciones geométrica, constructiva y operacional del edificio.

Con LIDER se pueden definir edificios de cualquier tamaño, pero existen algunas limitaciones que se exponen a continuación ^[11]:


- El número de espacios del edificio debe ser menor de 100.
- El número de elementos del edificio (cerramientos, incluyendo los interiores, y ventanas) debe ser menor de 500.

Además, dado que el edificio se va a exportar al programa CALENER_GT para su calificación, se deben cumplir algunas condiciones adicionales ^[11]:

- Los polígonos que definen las plantas y espacios no deben tener más de 30 vértices.
- Los cerramientos deben tener un máximo de 9 capas.
- El peso (en Kg.) posible de los cerramientos tiene unos límites inferior y superior.
- Los valores máximos de algunas propiedades de los materiales de construcción son:
 - Si el material se define por su resistencia térmica, $R_{t_{max}}=7(m^2 \cdot K)/W$
Si el material se define por sus otras propiedades térmicas:
 - conductividad térmica $\lambda=51,9 W/(m \cdot K)$
 - densidad $\rho=8009 Kg/m^3$
 - calor específico $C_p=20,919 J/(Kg \cdot K)$
- El porcentaje de hueco ocupado por el marco debe ser inferior al 100%.

4. LIDER

4.1 FORMULARIO DE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El primer paso consiste en rellenar el formulario de descripción que contiene los datos generales del proyecto y al que se accede pulsando .

En dicho formulario se incluyen los siguientes puntos:

- Zonificación climática

En este apartado se debe especificar la localidad en la que se encuentra el edificio, accediendo a ella a través de la zona climática. En este caso se selecciona la zona D3, según el apartado 3.1.2.1.1 de este proyecto, y luego la localidad de Madrid.

- Orientación del edificio

En este campo se introduce el ángulo que forma la dirección norte con el eje Y del edificio, siendo positivo en el sentido de las agujas del reloj. En el plano de trabajo el programa indica la dirección del norte con una flecha orientada.

- Tipo de edificio

En este apartado se introduce el tipo de edificio: vivienda unifamiliar, vivienda en bloque o edificio terciario. En este caso, se selecciona edificio terciario.

- Clase por defecto de los espacios habitables

Las opciones para el tipo de uso son: "residencial" u "otros usos", caracterizado cada uso por su carga térmica (intensidad alta, media o baja) y por la duración de la actividad al día (de 8, 12, 16 o 24 horas de duración). Se seleccionan unos valores y estos valores los emplea el programa como valores por defecto, que podrán modificarse posteriormente para cada espacio en concreto. Así que se elige el valor más usual.

En cuanto al nivel de humedad interna producida, según el apartado 3.1.2.1.2 de este proyecto, se selecciona condiciones de higrometría "clase 3 o inferior".

En cuanto al nivel de ventilación, en los edificios no destinados a vivienda, se debe introducir el número de renovaciones por hora. En este caso, 1 renovación por hora.

- Datos del proyecto

Nombre, comunidad, localidad y dirección del edificio proyecto.

- Datos del autor

Nombre, empresa o institución, e-mail y teléfono.



Certificación energética de un edificio comercial

A continuación se presenta el formulario de descripción para la parte 1 (14 primeras plantas) de Torre Espacio de Madrid.

NOTA:

Torre Espacio tiene más de 100 espacios así que se ha tenido que dividir el edificio en cuatro partes.

The screenshot shows the LIDER software interface for describing the first part of the Torre Espacio building. The window title is "LIDER - torre_espacio_1_cumple - [Descripción]". The interface includes a menu bar with options like Nuevo, Abrir, Guardar, Descripción, BD, Opciones, 3D, Calcular, Resultados, PDF, GD, Exportar, Ayuda, Acerca, and Calener GT. The main area is divided into several sections: "Zonificación climática" with fields for Zona (D3), Localidad (Madrid), Latitud (40.41), and Altitud (667.00); "Orientación del edificio" with an "Ángulo" field (6.13) and a compass diagram; "Tipo edificio" with radio buttons for "Vivienda unifamiliar", "Vivienda en bloque", and "Edificio sector terciario" (selected); "Clase por defecto de los espacios habitables" with a "Tipo de Uso" dropdown (Intensidad Alta - 12h) and radio buttons for "Clase 3 o inferior" (selected), "Clase 4", and "Clase 5"; and a "Número de renovaciones hora requerido" field (1.0). There are also "Datos del Proyecto" and "Datos del Autor" sections with text input fields. An "Aceptar" button is at the bottom right.

Figura 4.1 Formulario de descripción de la parte 1 del edificio Torre Espacio [Pantalla impresa del programa LIDER]

La aplicación LIDER utiliza un código de colores muy sencillo para identificar la procedencia de los datos que se muestran en los formularios de la misma ^[11]:

Verde: valor de la librería o valor por defecto

Negro: valor introducido por usuario

Azul: valor leído de un archivo guardado previamente

Rojo: el valor es erróneo

4. LIDER

4.2 GESTIÓN DE LA BASE DE DATOS


La aplicación dispone de 3 bases de datos que son: la base de datos del programa, la base de datos del usuario y la base de datos del edificio.

En la *base de datos del programa* se encuentran definidas las propiedades de una gran cantidad de materiales y productos de construcción, que ayudan a la definición de los elementos del edificio. Los datos que provengan de esta base de datos no necesitan ser justificados en la memoria del proyecto.

La *base de datos del usuario* sirve para almacenar los materiales o productos constructivos que el usuario emplee con frecuencia.

La base de datos fundamental es la *base de datos del edificio*, que se debe ir generando importando valores de la base de datos del programa o definiendo los valores concretos del edificio. En este último caso, deberán ser justificados en la memoria.

Todos los elementos de las bases de datos que se vayan a utilizar en el proyecto se van a cargar desde la opción “gestor de base de datos”, antes de definir el edificio.

Para acceder al “gestor de base de datos” ^[11] se pulsa  , con lo que se visualiza el árbol de la base de datos del edificio. Al desplegar las ramas del árbol se ven distintos elementos constructivos:

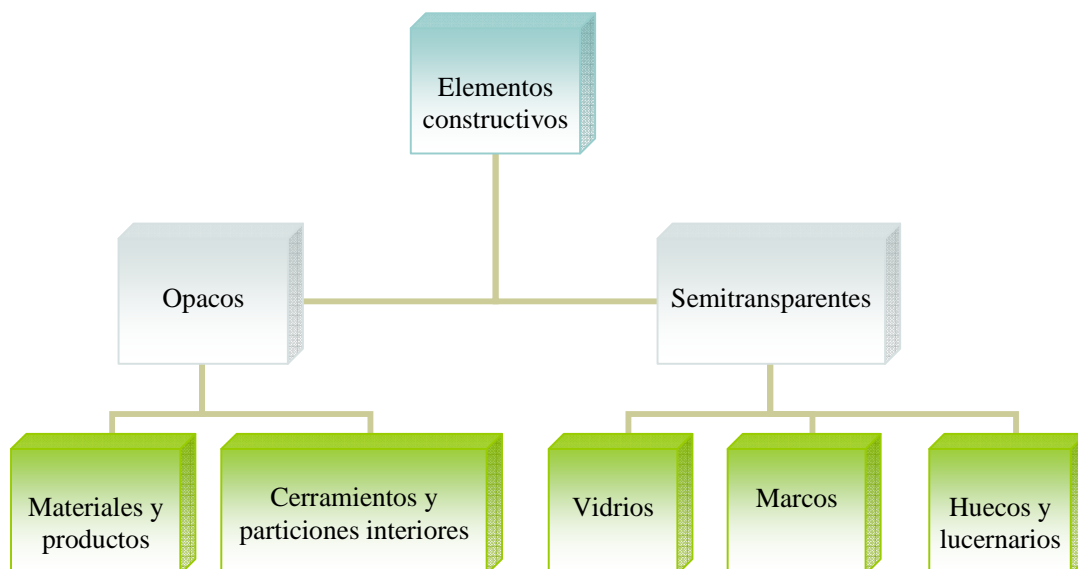


Figura 4.2 Estructura de árbol de la base de datos del edificio

4.2.1. CREACIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Para la creación de un elemento constructivo (material, cerramiento, partición, etc.) se procede de la misma forma. Desde el árbol de la base de datos del edificio, se selecciona la carpeta asociada al elemento a crear y se pulsa la opción “crear grupo”. Así, se crea en el árbol una subcarpeta con el nombre del nuevo grupo de elementos. Luego se pincha sobre la subcarpeta y se selecciona la opción “crear elemento”.

Además se tiene la posibilidad de cargar los materiales, los vidrios y los marcos desde la base de datos del programa mediante la opción “cargar librería”. Dichos elementos se encuentran clasificados en categorías y se pueden cargar a la base de datos del edificio de uno en uno o agrupados por categorías.

Algunas de las categorías de la base de datos del programa LIDER son:

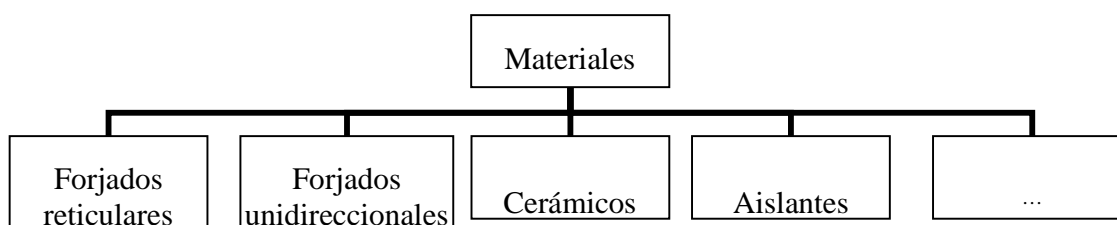


Figura 4.3 Grupos de materiales de la base de datos de LIDER

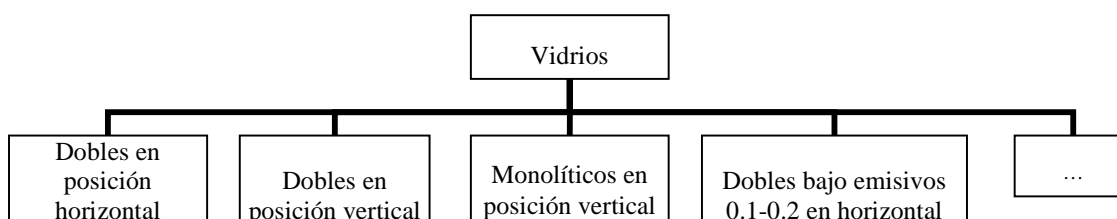


Figura 4.4 Grupos de vidrios de la base de datos de LIDER

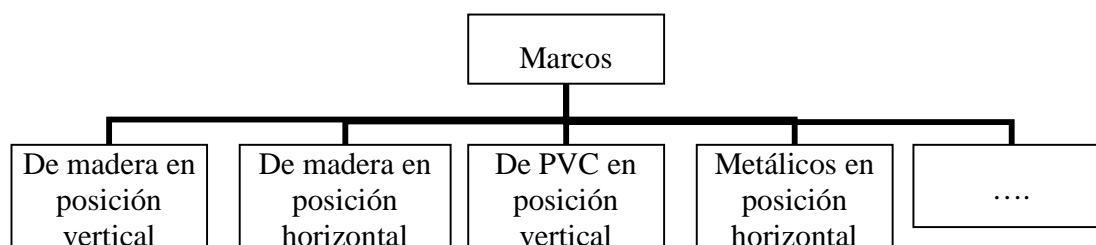


Figura 4.5 Grupos de huecos de la base de datos de LIDER

4. LIDER

4.2.2. MATERIALES

Si se cargan elementos de la base de datos del programa mediante la opción “cargar librería” se accede al formulario de definición de los parámetros del nuevo material. Las características se pueden especificar de dos maneras:

- Por su resistencia térmica.
- Por sus otras propiedades térmicas: Se especifican la conductividad térmica “ λ ” [W/(m·K)], la densidad “ ρ ” en [Kg/m³] y el calor específico “Cp” en [J/ (Kg K)].

Estos valores no pueden superar los límites que se vieron al principio de este capítulo 4.

Independientemente de la opción que se elija, es necesario definir el valor del factor de resistencia a la difusión de agua “ μ ” (es adimensional ya que es el cociente entre la difusión del vapor de agua en el material y en el aire).

A continuación se muestra un ejemplo de un forjado reticular FR Entrevigado de EPS moldeado descolgado - Canto 300m perteneciente a Torre Espacio de Madrid.

Opacos | Semitransparentes

Materiales y productos | Cerramientos y particiones interiores

Grupo: Forjados reticulares

Nombre: FR Entrevigado de EPS moldeado descolgado -Canto 300 m

Propiedades

• Espesor (d) 0.300 m

• Conductividad (λ) 0.357 W/m K

• Densidad (ρ) 1330 kg/m³

• Calor Específico (Cp) 1000 J/kg K

• Resistencia Térmica (R) 0.000 m² K/W

• Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ) 60 Adimensional

Dibujo representativo

C:\ARCHIVO\CTE\Lider\Imagenes\Ma...

Figura 4.6 Forjado reticular de la base de datos de LIDER [Pantalla impresa del programa LIDER]

4.2.3 CERRAMIENTOS

Las composiciones de cerramientos se utilizan para agrupar los materiales que componen un cerramiento, su orden y su espesor.

Mediante el formulario de definición de la composición del nuevo cerramiento se van creando cada una de las capas de las que se compone, añadiendo cada uno de los materiales que componen dichas capas con su espesor correspondiente.

Deben tenerse en cuenta dos consideraciones importantes:

- No se puede crear un cerramiento formado exclusivamente por capas definidas por su resistencia térmica.
- Un cerramiento puede estar formado como máximo por 9 capas. El orden de introducción es del exterior al interior para los cerramientos exteriores o enterrados. Para las particiones interiores, el orden es desde la capa que da al espacio contiguo hasta la capa que da al espacio en que se define el cerramiento.

A continuación se presenta la creación de la cubierta del edificio, que es un cerramiento exterior de 4 capas.

Material y productos Cerramientos y particiones interiores

Grupo CUBIERTA

Nombre CUBIERTA

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,1000	2,300	2400	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0,0250	0,029	30	1000	
3	Betún fieltro o lámina	0,0200	0,230	1100	1000	
4	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,2100	2,300	2400	1000	
5						

Grupo Material Aislantes

Material EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]

0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0.80 w/[m²K]

Aceptar

Figura 4.7 Cerramiento exterior formado por 4 materiales de la base de datos LIDER[Pantalla impresa del programa LIDER]

4. LIDER

Obsérvese que en la parte inferior derecha de la pantalla se puede ver el valor de la transmitancia térmica total de dicho cerramiento ($0.80 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)}$ en el caso de la cubierta).

RECORDAR:

Este valor se calcula según el apéndice E.1 de la exigencia básica HE 1.

4.2.4 VIDRIOS

Los comandos “crear grupo vidrio” + “crear vidrio” son para crear un vidrio personalizado; luego se accede al formulario de definición de los parámetros del nuevo vidrio. Basta con especificar la transmitancia térmica “U” [$\text{W/ (m}^2 \cdot \text{K)}$] y el factor solar del vidrio “g”.

A continuación se presenta la creación de los vidrios dobles en posición horizontal HOR_DC_4-12-331, que previamente se han cargado desde la base de datos del programa.

The screenshot shows a software window with three tabs: 'Vidrios', 'Marcos', and 'Huecos y lucernarios'. The 'Vidrios' tab is active. Inside, there is a 'Grupo' dropdown menu set to 'Dobles en posición horizontal'. Below it is a 'Nombre' text field containing 'HOR_DC_4-12-331'. A section titled 'Propiedades' contains two input fields: 'Transmitancia térmica (U)' with the value '3.40' and unit 'W/m²K', and 'Factor Solar (g)' with the value '0.750' and unit 'Adimensional'. An 'Aceptar' button is located at the bottom right of the window.

Figura 4.8 Vidrio doble en posición horizontal[Pantalla impresa del programa LIDER]

4.2.5 MARCOS

Los marcos se utilizan para especificar las propiedades que definen la transferencia de calor a través de los cerramientos semitransparentes que forman parte de los huecos.

Si el marco se carga de la base de datos de LIDER sus propiedades (la transmitancia térmica “U” y la absortividad “ α ”) vienen definidas a priori y no se pueden modificar.

La absortividad se refiere al color de la cara exterior de los marcos.

Los valores de la absortividad del marco están tabulados según el color del mismo en el apéndice E de la exigencia básica HE 1 del Código Técnico de la Edificación.

A continuación se presenta el único marco que se va a emplear en Torre Espacio de Madrid y que ha sido seleccionado de la base de datos de LIDER.

The screenshot shows a software window with a light beige background. At the top, it says 'Grupo Metálicos en posición vertical'. Below that, there is a text field labeled 'Nombre' containing the text 'VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm'. Underneath the name field is a section titled 'Propiedades' with a horizontal line below it. In this section, there are two rows of data. The first row is 'Transmitancia térmica (U)' with a value of '4,00' and the unit 'W/m²K'. The second row is 'Absortividad (α)' with a value of '0,70' and the unit 'Adimensional'.

Grupo Metálicos en posición vertical	
Nombre	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
Propiedades	
Transmitancia térmica (U)	4,00 W/m²K
Absortividad (α)	0,70 Adimensional

Figura 4.9 Marco metálico en posición vertical cargado de la base de datos de LIDER[Pantalla impresa del programa LIDER]

4. LIDER

4.2.6 HUECOS

Con hueco nos referimos a puertas o ventanas en los cerramientos exteriores.

Definición de ventanas

Para la definición de una ventana, es necesario especificar el vidrio y el marco de los que se va a componer, seleccionándolos mediante los menús desplegables. Además se debe indicar el porcentaje del hueco cubierto por el marco, definido según:

$$\% \text{ hueco_cubierto_por_marco} = \frac{\text{área_marco}}{\text{área_vidrio} + \text{área_marco}} \cdot 100 = \frac{\text{área_marco}}{\text{área_hueco}} \cdot 100$$

Por último se indica el valor de la permeabilidad al aire.

RECORDAR:

El valor límite para la zona climática D es de $27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ según HE 1.

A continuación se presenta un ejemplo de definición de una de las ventanas de Torre Espacio de Madrid.

The screenshot shows the 'Huecos y lucernarios' tab in the LIDER software. The 'Grupo' is set to 'VENTANA' and the 'Nombre' is 'VENTANA VESTIBULOS'. Under the 'Propiedades' section, the 'Grupo Vidrio' is 'Dobles bajo emisivos 0.1-0.2 en posición vertical' and the 'Vidrio' is 'VER_DB1_4-12-331'. The 'Grupo Marco' is 'Metálicos en posición vertical' and the 'Marco' is 'VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12'. At the bottom, the '% cubierto por el marco' is 2.00, the checkbox '¿Es una puerta?' is unchecked, and the 'Permeabilidad al aire' is 27.00 m³/hm² a 100 Pa.

Figura 4.10 Creación de una ventana a partir de materiales en base de datos LIDER [Pantalla impresa del programa LIDER]

Definición de puertas


Las puertas del edificio han de definirse como huecos para que las reconozca el programa. Para evitar dudas entre si el hueco es una ventana o una puerta se debe marcar la casilla “¿es una puerta?”.

NOTA:

Al marcar esta casilla se rellena de forma automática la permeabilidad al aire, fijándose en un valor de $60 \text{ [m}^3/\text{hm}^2\text{]}$. Esto resulta contradictorio puesto que, como se vio, el máximo valor de este parámetro para cumplir con el DB HE 1 es de $27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ para las zonas C, D y E.

Para definir una puerta hay que pensar que todo el hueco es vidrio, definiéndose un vidrio con las propiedades de la puerta y añadiéndole un marco cualquiera que ocupa el 0% del hueco.

4.3 OPCIONES Y VALORES POR DEFECTO

Una vez creados todos los cerramientos a emplear en la definición constructiva del edificio, pasamos a la sección “opciones” a la accedemos pulsando .

4.3.1 ESPACIO DE TRABAJO ^[11]

Dimensiones del espacio de trabajo

El espacio de trabajo es el rectángulo de terreno sobre el que se sitúa el edificio en la representación 3D. Desde este formulario se pueden especificar las dimensiones y la cota de dicho rectángulo, así como el color con el que se representará (Se han dejado los parámetros por defecto).

Para ver los espacios colocados a cota negativa hay que situar el rectángulo de trabajo en la cota más baja.

Esferas de atracción

El tamaño de las esferas define el radio de atracción de los vértices y líneas que se definen en la aplicación (Se ha dejado el tamaño por defecto).

NOTA:

Dos vértices definidos a distancia inferior al radio de las esferas serán considerados por el programa como el mismo vértice. De igual manera, un vértice situado a una distancia inferior al radio de las esferas de una línea se desplazará a la línea más cercana.

4. LIDER

Representación de cubiertas

La representación de los vértices a nivel del espacio, y/o a nivel de la coronación de los cerramientos, es necesaria para posibilitar la definición de cubiertas inclinadas, tanto sobre el propio espacio (buhardilla \equiv imagen de la izquierda), como sobre un forjado plano (desván \equiv imagen de la derecha).

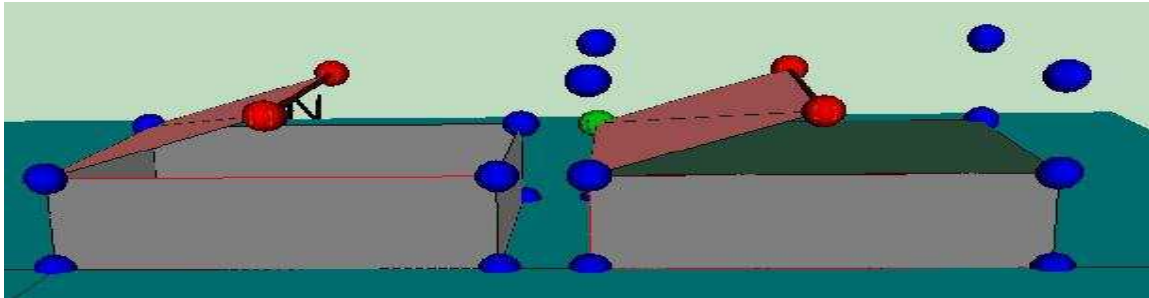


Figura 4.11 Colocación de vértices para definir cubiertas y cerramientos singulares^[11]

La triangulación automática evita que queden abiertos los cerramientos singulares no planos y que por ello el programa tenga fallos de cálculo. No se ha activado.

Figura 4.12 Propiedades del espacio de trabajo [Pantalla impresa del programa LIDER]

4.3.2 CONSTRUCCIÓN ^[11]

Cerramientos y particiones interiores

En esta pestaña se especifican las características que el programa otorga por defecto a los elementos constructivos en el momento de su creación. Así, conviene seleccionar en cada uno de los apartados la opción que se dé con más frecuencia de entre las incluidas en la base de datos del edificio.

A continuación se presenta este formulario para Torre Espacio de Madrid.

The screenshot shows the 'LIDER - torre_espacio_1_cumple - [Opciones y Valores por Defecto]' window. The 'Construcción' tab is active, and the 'Cerramientos y particiones interiores' sub-tab is selected. The interface is divided into several sections for defining building elements:

- Muro:** Muros de fachada. Verticales y rectangulares. Composition type 'Muro' is set to 'MURO'.
- Hueco:** Composition type 'Hueco' is set to 'FACHADA VENTILADA'. Dimensions are: Altura del (4,15) m, Anchura del (1,00) m, Posición Y respecto al suelo (0,01) m, Retranqueo (0,00) m. A 'Protección solar' button is present.
- Cerramiento horizontal en contacto con el aire exterior:** Composition type 'Cerramiento horizontal' is set to 'Cerramiento'.
- Cerramiento o partición interior geoméricamente singular:** Composition type 'Cerramiento singular' is set to 'Cerramiento'.
- Medianería:** Composition type 'medianería' is set to 'MURO'.
- Suelo en contacto con el terreno:** Composition type 'suelo en contacto con el terreno' is set to 'SUELO'. There is an unchecked checkbox for 'Aislamiento perimetral' with fields for 'D' (0,0) m and 'Ra' (0,0) m²/K/W.
- Muro en contacto con el terreno:** Composition type 'muro en contacto con el terreno' is set to 'MURO'.
- Partición interior horizontal:** Composition type 'partición interior horizontal' is set to 'FORJADO INTERMEDIO'.
- Partición interior vertical:** Composition type 'partición interior vertical' is set to 'TABIQUE'.

Figura 4.13 Valores por defecto de los elementos constructivos [Pantalla impresa del programa LIDER]

En el caso de los huecos, también se pueden definir sus dimensiones, posición por defecto dentro del cerramiento que lo contenga y los obstáculos de fachada (en la pestaña protección solar).

4. LIDER


Puentes térmicos

Este apartado se divide en tres partes. Los valores son función de la zona climática y cumplen con las transmitancias límites del HE 1. He dejado los valores por defecto.

- forjados; indica los valores de las conductancias lineales de puentes térmicos resultantes del encuentro de los forjados, o suelos exteriores, o cubiertas con la fachada
- cerramientos verticales; indica los valores de las conductancias lineales de puentes térmicos resultantes del encuentro de cerramientos verticales, contorno de huecos y pilares
- contacto con el terreno; indica los valores de las conductancias lineales de puentes térmicos de cerramientos en contacto con el terreno.

4.4 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL EDIFICIO

Una vez se han creado y cargado todos los elementos constructivos del edificio, se puede comenzar su definición geométrica, es decir, construir el edificio.

Se accede a la sección 3D pulsando . Desde este formulario se podrán cargar planos en formato BMP y DXF para utilizarlos como base para la definición de las plantas del edificio, se definirán los distintos elementos y sus propiedades, etc. ^[11]

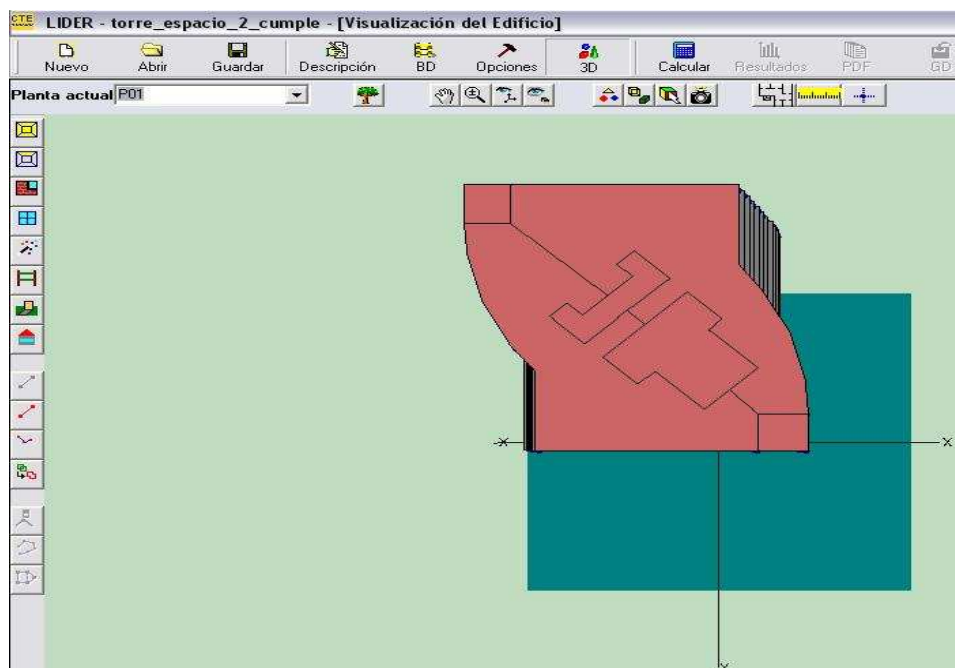


Figura 4.14 Sección 3D de la parte P2 del edificio Torre Espacio (plantas 15-26)
[Pantalla impresa del programa LIDER]

Certificación energética de un edificio comercial

En el formulario se distinguen tres áreas: dos con botones, una situada en la parte superior y otra en la izquierda, y un área de visualización en la que se muestran el espacio de trabajo y los elementos que se van creando.

El área superior tiene distintas opciones de visualización:



Es un cuadro desplegable en el que se selecciona la planta actual



Es un botón que muestra o hace desaparecer el árbol de selección de los elementos del edificio.

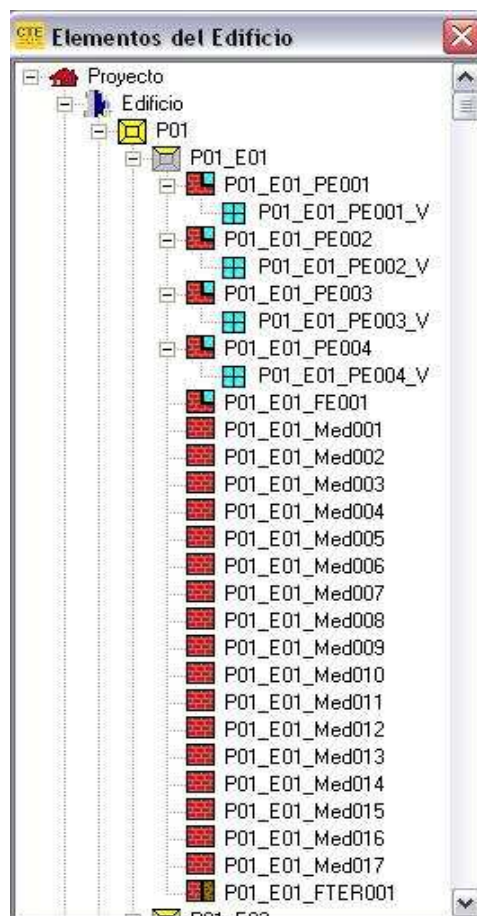


Figura 4.15 Árbol de elementos de la parte P.2 del edificio
[Pantalla impresa del programa LIDER]

4. LIDER

Para seleccionar un elemento en la vista 3D se marca el elemento en el árbol de elementos anterior, con lo que el elemento aparecerá en color rojo en la vista 3D. Para acceder a las propiedades del elemento se pulsará el botón derecho del ratón sobre el elemento en el árbol de elementos.



El primer botón permite desplazar, no cambiar, el punto de vista de la cámara. Al pulsar el botón izquierdo del ratón y mover el ratón se desplazará el punto de vista sobre la representación.

El segundo botón es un zoom. Primero se pulsa el botón izquierdo del ratón. Si luego se mueve el ratón hacia arriba sobre la representación se acerca la cámara; si se mueve el ratón hacia abajo se aleja la cámara.

El tercer botón permite a la cámara moverse libremente. Seleccionando este botón y manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón sobre la vista 3D:

- si desplazo el puntero hacia la derecha o izquierda la representación girará alrededor de un eje vertical en el sentido en el que se mueva el ratón
- si desplazo el puntero hacia arriba o hacia abajo la representación girará alrededor de un eje horizontal en el sentido en el que se mueva el ratón

El cuarto botón nos permite ver la vista en planta y las vistas del edificio desde las direcciones principales (+y, -y, +x, -x).



Desde el primer botón se accede a un desplegable desde el que se pueden activar o desactivar las plantas, los espacios, los muros, etc., además de la malla de alambre con la que se representa el edificio.

El segundo botón también es un desplegable; permite elegir un modo de visualización de la representación opaco o transparente.

El tercer botón nos permite mostrar, al hacer clic con el botón derecho del ratón sobre un objeto en la representación, una lista con los nombres de todos los elementos que se encuentran debajo del puntero.

Al pulsar el cuarto botón se obtiene una imagen en formato BMP o JPEG del edificio.

NOTA:

- El edificio se considera formado por una serie de plantas.
- Las plantas se representan con un polígono de color azul en el área de visualización. Cada una de las plantas contendrá una serie de espacios.
- Los espacios también se representan por un polígono (de color gris).
- **TODOS LOS POLÍGONOS DEBEN TENER SUS VÉRTICES DEFINIDOS EN SENTIDO ANTIHORARIO.**
- Los espacios contendrán a su vez:
 - un suelo, de color rosa claro si está en contacto con el terreno, de color verde caqui si está en contacto sólo con cerramientos interiores o gris si está en contacto sólo con cerramientos exteriores.
 - huecos, de color azul claro
- Las sombras externas al edificio serán de color negro.

4.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES ^[11]

Para la definición del edificio, conviene tener en cuenta para:

Plantas

La altura de la planta es la distancia entre forjados, de suelo a suelo.

El polígono que define la planta se creará con las medidas interiores de la misma.

Espacios

La altura del espacio es igual a la altura de la planta.

Las medidas del polígono que define un espacio son las medidas interiores del mismo, si el espacio es un espacio que da al exterior o limita con medianeras (figura 4.16 a)

Las medidas del polígono que define un espacio son las dadas por la mediatriz del cerramiento en el caso de que el espacio limite con otro espacio del edificio (figura 4.16 b).

4. LIDER

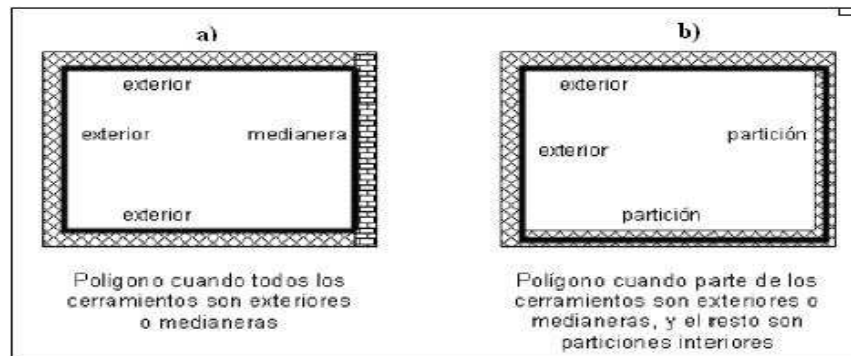



Figura 4.16 Medidas de los espacios^[11]

Cerramientos

Los polígonos no pueden tener huecos en su interior.

4.4.2 CREACIÓN DE LAS PLANTAS ^[11]

La definición de las plantas no es un paso obligatorio; su único propósito es facilitar la definición geométrica de los espacios.

Para la creación de la planta, el espacio de trabajo se debe situar a la cota de la nueva planta. Luego se pulsa el botón  situado en el área de botones de la izquierda.

El formulario 'Propiedades de la Planta' contiene los siguientes campos:

- Nombre: P01
- Planta Anterior: Ninguna
- Multiplicador: 1
- Altura de los Espacios: 4,3
- Cota: 0,00
- Igual a Planta: Ninguna
- ☐ Aceptar Espacios Anteriores
- ☒ Crear espacio igual a la planta
- Botones: Aceptar, Cancelar

Figura 4.17 Formulario de una planta nueva [Pantalla impresa del programa LIDER]


En el formulario de una planta nueva se debe indicar el nombre, la planta anterior (**indicar siempre la planta anterior para no impedir la definición automática de los forjados entre las plantas**), la altura de los espacios y la cota (sólo al crear la planta baja).

Además, se le puede indicar al programa que genere un espacio que coincida con la totalidad de la planta, lo que será de utilidad para la posterior definición de los espacios.

Si el edificio consta de varias plantas iguales, se pueden seleccionar las casillas “igual a planta (...)” y “aceptar espacios anteriores” o alternatively “multiplicador (y el número de plantas iguales que hay en el edificio)”.

NOTA:

En el caso en que sea posible, resulta más conveniente emplear la propiedad “multiplicador” pues se minimiza mucho el proceso de cálculo de la demanda del edificio.

Una vez completado el formulario, se pasa a definir el polígono de la planta. Para ello, se van marcando los vértices que componen el polígono siempre en sentido contrario a las agujas del reloj y sin repetir el último vértice sobre el primero. Hay que marcar los vértices con el edificio visto en planta. Para definir los vértices con precisión mediante sus coordenadas (absolutas, o relativas al último vértice) se emplea la tecla .

Una vez que una planta es creada, es posible acceder a un formulario de edición de la planta. El único campo que se puede modificar es el multiplicador de la planta. La manera más cómoda de acceder a este formulario es a través del árbol de elementos del edificio.

A continuación se muestra el formulario de la planta 4 de la parte P.1 de Torre Espacio.



Figura 4.18 Formulario de edición de una planta [Pantalla impresa del programa LIDER]

4. LIDER

4.4.3 CREACIÓN DE LOS ESPACIOS


La definición de los espacios puede llevarse a cabo de dos formas:


Creación de los espacios con líneas auxiliares o líneas 2D ^[11]

NOTA:


Para poder aplicar este método es recomendable marcar la opción “crear espacio igual a planta” en el formulario de propiedades de la planta.

Este método define los espacios a partir del polígono de la planta. Dividimos el polígono de la planta mediante líneas auxiliares que, al cortarse entre ellas y con el contorno de la planta, generan el perímetro de los espacios.

A las líneas auxiliares 2D se accede mediante el botón  del área de botones de la izquierda.

Una vez definidas todas las líneas auxiliares, se pulsa el botón “crear espacios” () del área de botones de la izquierda y se van marcando los vértices que constituyen un espacio, en sentido contrario a las agujas del reloj, con lo que queda definido el espacio.

Creación de los espacios por subdivisión de una planta o de otros espacios ^[11]

El primer paso es seleccionar la planta en la que se encuentran los espacios que se desean definir. Seguidamente, se pulsa el botón “dividir espacios” () del área de botones de la izquierda para utilizar las líneas de división de espacios. Por último, se marcan los puntos por los que se quiere dividir la planta o el espacio original, teniendo en cuenta que los puntos inicial y final de la línea de corte deben estar sobre el contorno del espacio.

Una vez que hemos creado los espacios, es posible acceder a un formulario de edición que permite definir las propiedades y las condiciones operacionales de los espacios.

La manera más cómoda de acceder a estos formularios es a través del árbol de elementos del edificio.

Certificación energética de un edificio comercial

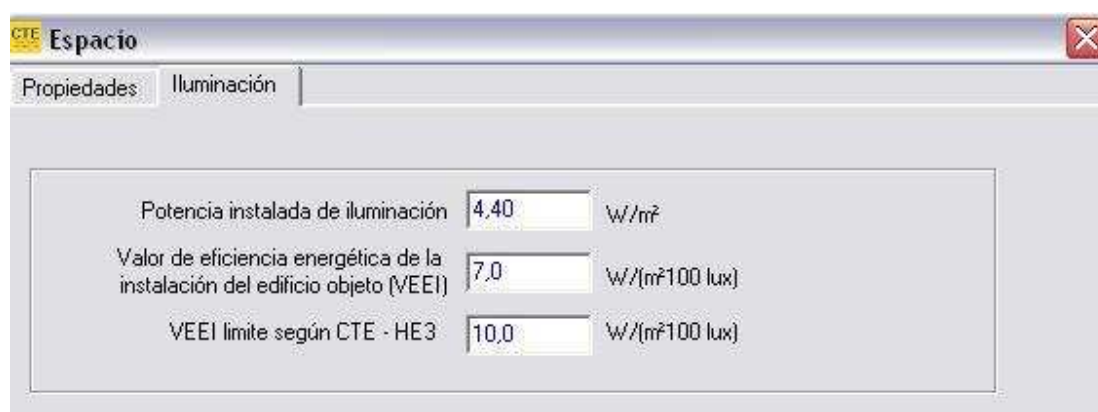
Edición de los espacios

Pestaña “Iluminación”

Es necesario rellenar este formulario en el caso de edificios terciarios para poder exportar posteriormente el edificio al programa CALENER_GT y llevar a cabo la calificación del mismo. En este formulario se rellenan tres campos:

- Potencia instalada de iluminación en $[W/m^2]$.
- Valor de eficiencia energética de la instalación de iluminación del edificio objeto (VEEI) en $[W/(m^2 \cdot 100lux)]$
- VEEI límite según HE 3

A continuación se presenta el formulario de edición de la iluminación del espacio 4 perteneciente a la planta 6 de la parte P.2 de Torre Espacio de Madrid.



Campo	Valor	Unidad
Potencia instalada de iluminación	4.40	W/m²
Valor de eficiencia energética de la instalación del edificio objeto (VEEI)	7.0	W/(m²100 lux)
VEEI límite según CTE - HE3	10.0	W/(m²100 lux)

Figura 4.19 Formulario de edición de la iluminación de un espacio [Pantalla impresa del programa LIDER]

NOTA:

Se han dejado los valores por defecto en todos los espacios del edificio.

Pestaña “Propiedades”

Consta de cuatro bloques.

En el primer bloque se puede editar el tipo de espacio (acondicionado, no acondicionado o no habitable) y el tipo de uso (residencial/ nivel de demanda térmica).

Si se marca el espacio como acondicionado o no acondicionado, se puede elegir entre uso residencial o el nivel de intensidad térmica del espacio y el número de horas de uso del espacio (edificio terciario).

4. LIDER

En el segundo bloque llamado “Condiciones higrométricas interiores” se definen las condiciones higrométricas interiores especificadas mediante la clase higrométrica.

El tercer bloque se llama “Redistribución interior de la radiación”. Por defecto, se considera que el 60% de la radiación que alcanza el interior va al suelo y el resto se reparte proporcionalmente a las áreas de las paredes. Aparecen dos alternativas, a esta redistribución por defecto, en las que el programa realiza un cálculo más preciso, pero esto irá asociado a mayores tiempos de cálculo.

En el cuarto bloque se indica el número de renovaciones del aire por hora requerido.

NOTA:

Este valor junto con la clase higrométrica y la demanda térmica se especificaron para todo el edificio en el formulario de descripción.

A continuación se presenta el formulario de edición de las propiedades del espacio 4 perteneciente a la planta 6 de la parte P.2 de Torre Espacio de Madrid.

CTE Espacio

Propiedades | Iluminación

Nombre: P06_E04

Tipo de Espacio: Acondicionado

Tipo de uso: Intensidad Alta - 12h

Nº de pilares: 0

Multiplicador: 1

Altura: 4.300 m Area: 628.254 m² Volumen: 2701.492 m³

Condiciones higrométricas interiores

☒ Clase de higrometría

☐ Ritmo de producción de humedad interior
Tasa de renovación del aire interior

☐ Humedad relativa interior constante

Clase de higrometría

☒ Clase 3

☐ Clase 4

☐ Clase 5

Redistribución interior de la radiación

☒ Prefijada (60% al suelo, resto proporcional a las áreas)

☐ Aproximada (a partir de correlaciones)


☐ Calculada (método Backward Ray Tracing)

Número de renovaciones hora requerido: 1.0

Figura 4.20 Formulario de edición de propiedades de un espacio [Pantalla impresa del programa LIDER]

4.4.4 CREACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS ^[11]

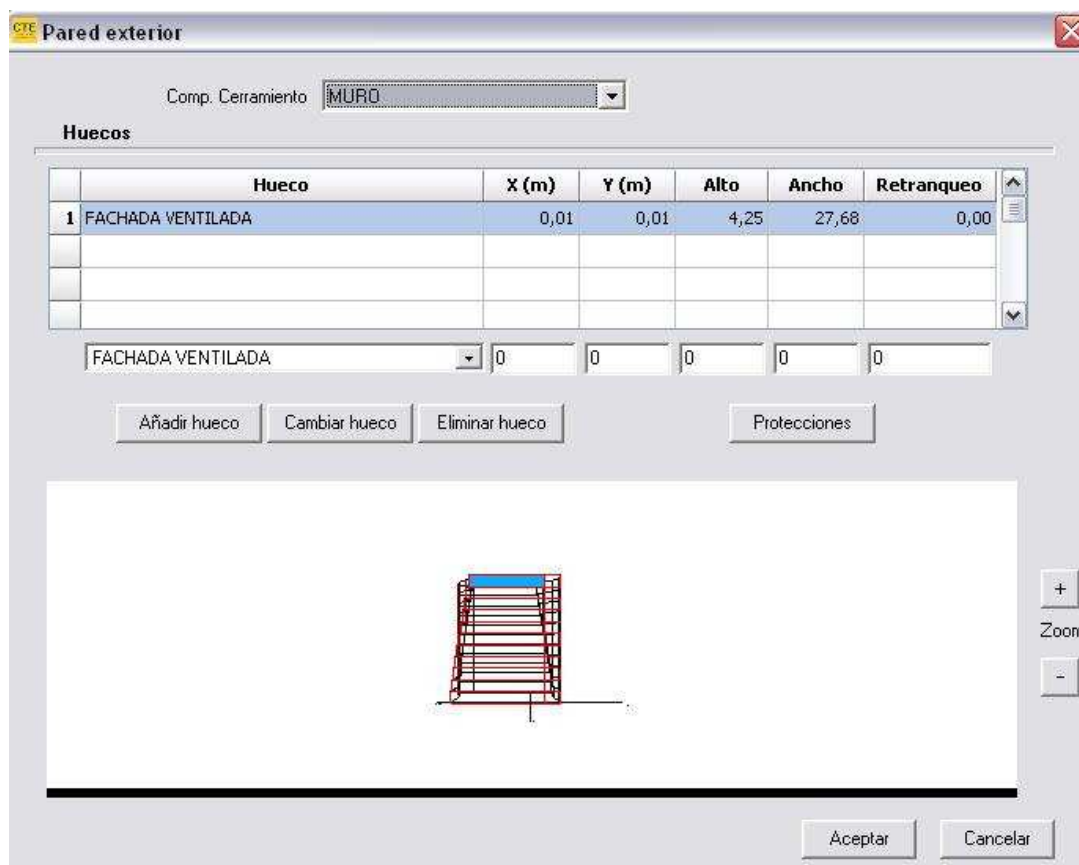
Una vez creados todos los espacios que forman una planta, se crean los cerramientos verticales que delimitan dichos espacios. El programa genera todos los cerramientos exteriores (color gris) de la planta, las particiones interiores (color verde caqui) así como los cerramientos en contacto con el terreno (color rosa claro) de manera

automática, pulsando el botón “crear muros” () del área de botones de la izquierda.

Una vez que un cerramiento vertical es creado, es posible acceder a un formulario de edición que permite definir la composición del cerramiento y añadir o modificar sus huecos.

El origen de coordenadas para los valores X e Y de los huecos está en el punto de aplicación de la normal exterior del cerramiento.

A continuación se muestra el formulario de edición de un cerramiento vertical exterior de Torre Espacio de Madrid.



	Hueco	X (m)	Y (m)	Alto	Ancho	Retranqueo
1	FACHADA VENTILADA	0,01	0,01	4,25	27,68	0,00

FACHADA VENTILADA 0 0 0 0 0

Añadir hueco Cambiar hueco Eliminar hueco Protecciones

Zoom

Aceptar Cancelar


Figura 4.21 Formulario de edición de un cerramiento vertical exterior [Pantalla impresa del programa LIDER]


4. LIDER

NOTA:

El formulario de edición de un cerramiento vertical interior sólo permite cambiar la composición y el tipo de cerramiento (Estándar o Adiabático).

4.4.5 CREACIÓN DE LAS PARTICIONES HORIZONTALES ^[11]

Para comenzar la creación de las particiones horizontales, es decir, techos de las plantas “n”, también conocidos como suelos de las plantas “n+1”, se pulsa el botón “crear forjados” () del área de botones de la izquierda.

También se pueden generar las particiones horizontales de forma automática. Para ello se pulsa la opción “forjados automáticos” () . Dado que esta opción puede generar algunas particiones que no se corresponden con la verdadera geometría del edificio, resulta conveniente revisar los forjados y redefinir los que sean erróneos.

El formulario de edición de una partición horizontal sólo permite cambiar la composición y el tipo de partición horizontal (Estándar o Adiabático); igual que en los cerramientos verticales interiores.

A continuación se muestra el formulario de un forjado interior de Torre Espacio.

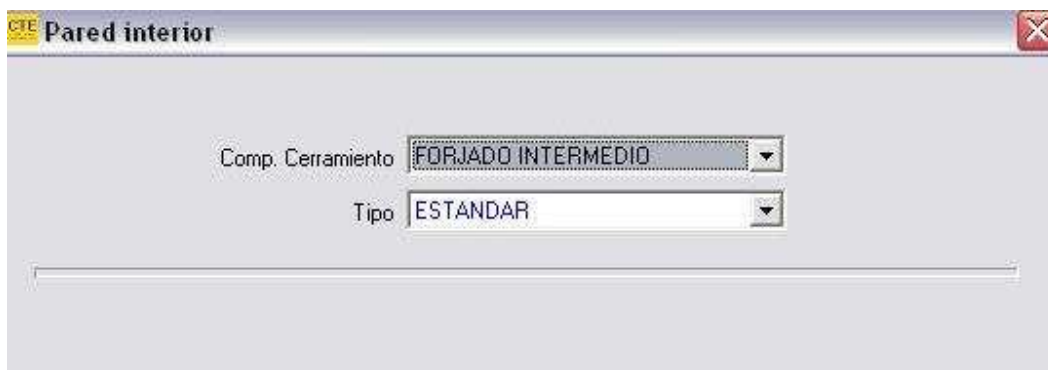



Figura 4.22 Formulario de edición de un forjado interior [Pantalla impresa del programa LIDER]

4.4.6 VENTANAS Y PUERTAS ^[11]

La definición de las ventanas y las puertas en los cerramientos verticales generados de forma automática, se realiza con el botón “crear ventanas” () del área de botones de la izquierda. La superficie del hueco queda representada en color azul claro.

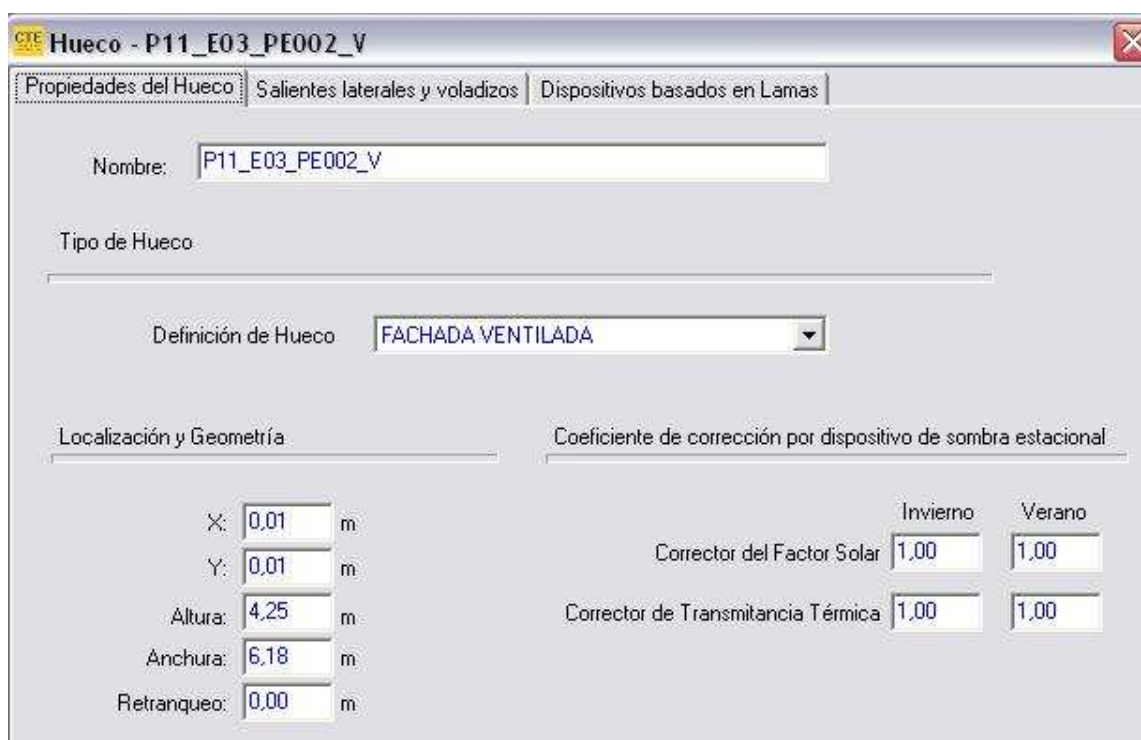
Una vez que la ventana o puerta está creada, es posible acceder a un formulario de edición.

La manera más cómoda de acceder a estos formularios es a través del árbol de elementos del edificio.

El formulario de edición de una ventana consta de tres apartados.

En el primero de ellos llamado *propiedades del hueco*, se puede cambiar la posición y las dimensiones de cada ventana y aplicar coeficientes de corrección por dispositivos de sombra estacional (invierno, verano) para el factor solar y la transmitancia térmica. Si no se aplican factores de corrección, los coeficientes de corrección valen 1.

A continuación se presenta el formulario de edición de propiedades del hueco para una ventana de la Torre Espacio.



CTE Hueco - P11_E03_PE002_V

Propiedades del Hueco | Salientes laterales y voladizos | Dispositivos basados en Lamas

Nombre: P11_E03_PE002_V

Tipo de Hueco:

Definición de Hueco: FACHADA VENTILADA

Localización y Geometría

X: 0,01 m

Y: 0,01 m

Altura: 4,25 m

Anchura: 6,18 m

Retranqueo: 0,00 m

Coeficiente de corrección por dispositivo de sombra estacional

	Invierno	Verano
Corrector del Factor Solar	1,00	1,00
Corrector de Transmitancia Térmica	1,00	1,00

Figura 4.23 Formulario de edición de las propiedades de una ventana [Pantalla impresa del programa LIDER]

4. LIDER

En un segundo bloque llamado “*salientes laterales y voladizos*” se puede modificar la geometría de las protecciones de la ventana. En Torre Espacio no se dan.

En el tercer bloque llamado *dispositivos basados en lamas* se pueden definir las propiedades geométricas y ópticas de los dispositivos de lamas que contenga la ventana. En Torre Espacio no se dan.

4.4.7 CREACIÓN DE ELEMENTOS SINGULARES ^[11]

Se incluyen en esta categoría:

- Elementos no rectangulares
- Elementos inclinados
- Elementos de sombra propia del edificio (aleros, voladizos, etc.)

Para crear un elemento singular se pulsa el botón “crear elementos singulares”



() del área de botones de la izquierda.

Un caso típico es el de las *cubiertas inclinadas*. Este tipo de elementos tiene necesariamente que pertenecer a una de las plantas del edificio de manera que si para su definición son necesarios vértices que queden fuera de la planta, habrá que ayudarse de



“líneas auxiliares 3D” (), similares a las líneas auxiliares 2D empleadas en los espacios, para situar todos los vértices necesarios.

NOTA:

No se pueden crear cerramientos interiores geoméricamente singulares.

NOTA:

Para crear la cubierta de las partes de Torre Espacio, por ejemplo P.1, se han seguido los siguientes pasos:

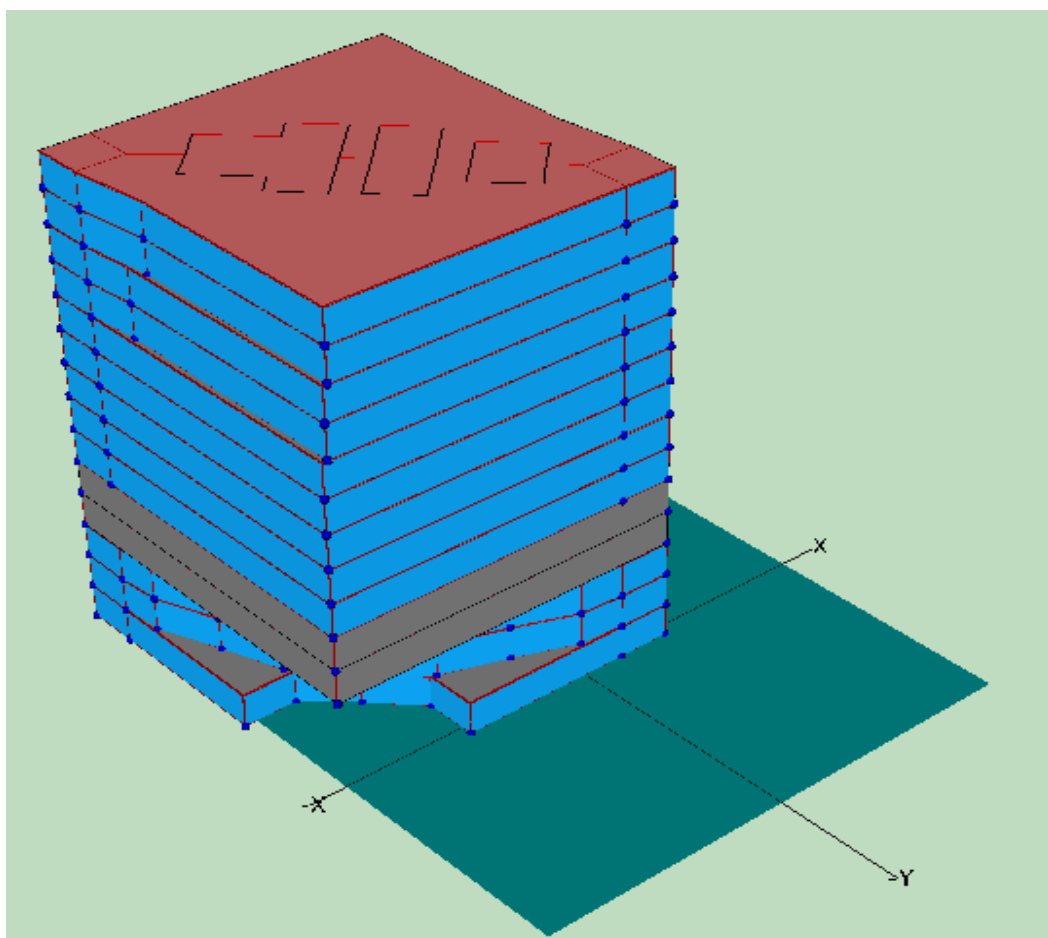
1. Se ha situado el plano de trabajo a la cota de la cubierta
2. Se ha pulsado el botón “crear espacios singulares”
3. Se ha pulsado el botón izquierdo sobre un vértice del espacio 02 de la planta 14 (la última planta de la parte P.1) para que la cubierta pertenezca a ese espacio y a esa planta ya que la cubierta debe pertenecer a una planta
4. Se han seleccionado los vértices que definen la cubierta en sentido anti horario (no se han necesitado líneas auxiliares 3D)

4.5 VISTA TRIDIMENSIONAL DEL EDIFICIO

Tras haber completado la definición de cada una de las plantas, si el programa no muestra errores, se puede visualizar el edificio sobre el espacio de trabajo.

Recordar que como Torre Espacio tiene más de 100 espacios hemos tenido que dividir el edificio en cuatro partes.

El primer conjunto de plantas, P.1, tiene catorce plantas y 86 espacios. La altura de las plantas es de 4,30 m entre forjados, desde la planta 5 hasta la planta 14.



**Figura 4.24 Vista suroeste de la parte P.1 de Torre Espacio de Madrid
[Pantalla impresa del programa LIDER]**

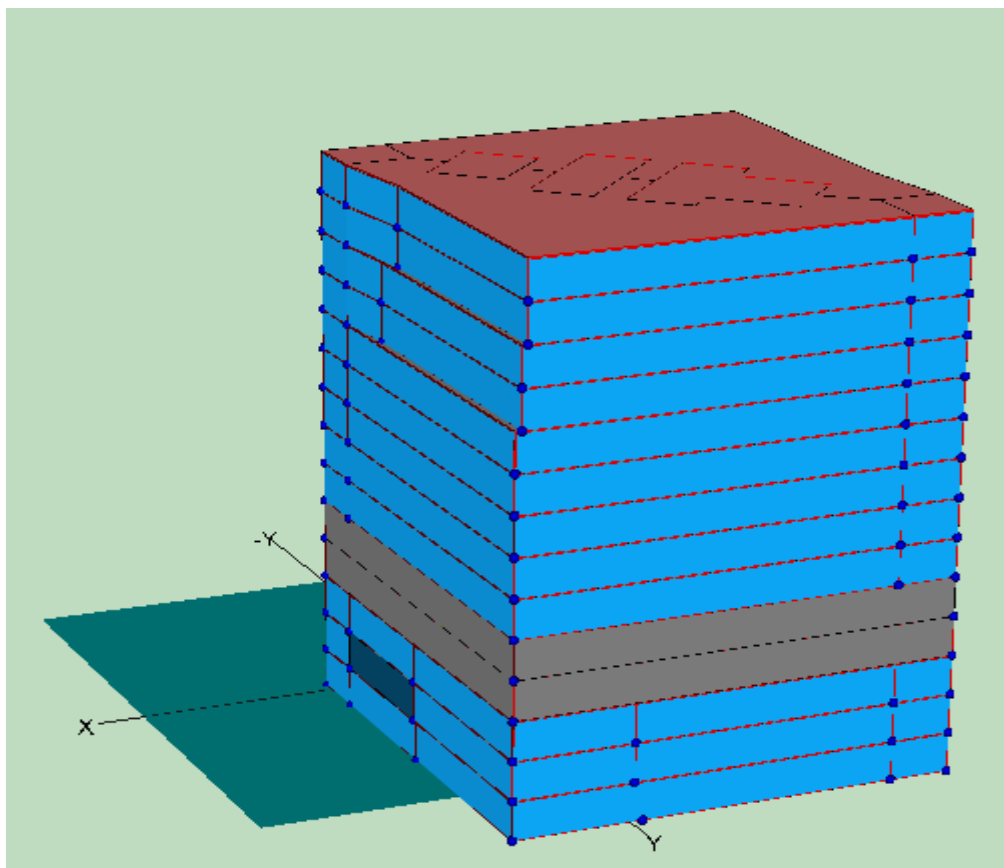




Figura 4.25 Vista noreste de la parte P.1 de Torre Espacio de Madrid
[Pantalla impresa del programa LIDER]

4. LIDER

4.6 RESULTADOS

El último paso para calcular el gasto energético y comprobar el cumplimiento de la limitación de demanda energética, del edificio Torre Espacio de Madrid, es obtener el consumo y el informe de verificación de la limitación.

Pulsando en el botón “calcular” () se procede al cálculo del consumo del edificio. Tras realizar el cálculo, el programa indica indirectamente el consumo del edificio, ya que compara el edificio en estudio (edificio objeto) con el edificio de referencia.

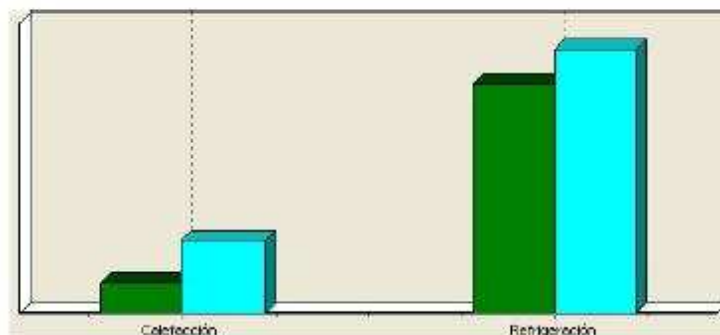
Esta información aparece en el menú “resultados” ().

RECORDAR:

El edificio de referencia lo obtiene el programa a partir del edificio objeto, sustituyendo los cerramientos por otros que están en el límite de los requisitos dados en los apartados 3.1.1.1 (transmitancias límite y factores solares modificados), 3.1.1.2 (condensaciones) y 3.1.1.3 (permeabilidad al aire) del capítulo 3.

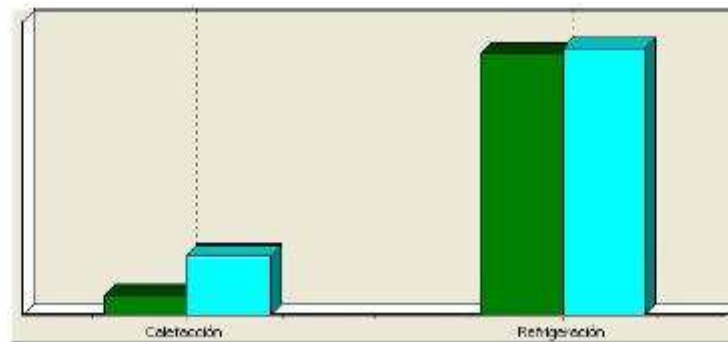
La comparación global entre edificios viene reflejada en la pestaña “global” del menú “resultados”:

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	42,5	87,0
Proporción relativa calefacción refrigeración	11,6	88,4



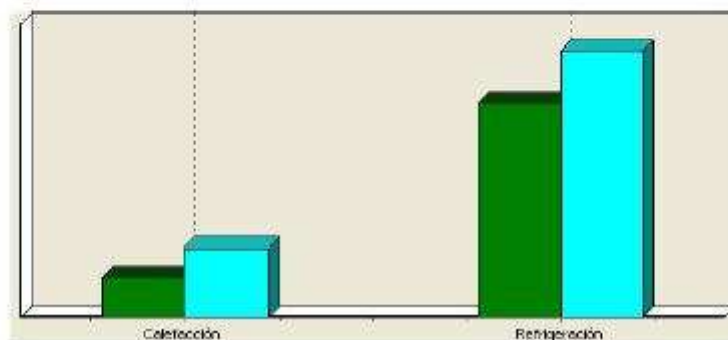
Gráfica 4.1 Resultados LIDER parte P.1 de Torre Espacio de Madrid
[Salida del programa LIDER]

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	34,8	98,1
Proporción relativa calefacción refrigeración	7,1	92,9



Gráfica 4.2 Resultados LIDER parte P.2 de Torre Espacio de Madrid
[Salida del programa LIDER]

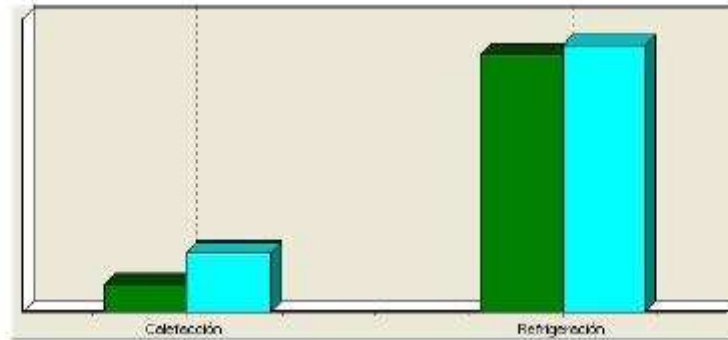
	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	58,8	80,8
Proporción relativa calefacción refrigeración	15,5	84,5



Gráfica 4.3 Resultados LIDER parte P.3 de Torre Espacio de Madrid
[Salida del programa LIDER]

4. LIDER

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	47,8	96,7
Proporción relativa calefacción refrigeración	9,8	90,2



Gráfica 4.4 Resultados LIDER parte P.4 de Torre Espacio de Madrid
[Salida del programa LIDER]

Las barras de color azul corresponden al edificio de referencia.

La representación es doble. Por un lado, la altura con respecto al edificio de referencia muestra el % de la demanda respecto al edificio de referencia. Por otro lado, las alturas de la barras de demanda del edificio objeto muestran la importancia relativa calefacción/refrigeración.

Si alguna de las barras del edificio objeto se muestra en color rojo significa que la demanda supera a la del de referencia y por lo tanto el edificio no cumple con la normativa.

NOTA:

Puede ocurrir que se cumplan las limitaciones de demanda energética en cuanto a calefacción y refrigeración pero que no se cumplan otras limitaciones impuestas por la exigencia básica HE 1. En este caso, en la parte inferior del formulario anterior aparecerán las limitaciones que no se cumplen.

Como se aprecia en los resultados, según la proporción relativa calefacción refrigeración, el edificio Torre Espacio de Madrid demanda más energía en refrigeración que en calefacción, $(88,4+92,9+84,5+90,2) / (11,6+7,1+15,5+9,8) \approx 8$ veces más.

Para calcular el porcentaje de la demanda de calefacción del edificio entero respecto a la demanda del edificio de referencia se va a suponer que cada parte en la que se ha dividido el edificio objeto consume por igual. Se aplica esta hipótesis porque no se conocerá la demanda real de energía de cada parte hasta que no se obtenga el consumo con el software CALENER_GT, descrito en el capítulo siguiente.

Con esta suposición, la demanda de calefacción del edificio sólo es un $(47,8+58,8+34,8+42,5) / 4 = 46,0\%$ de lo que demanda el edificio de referencia en calefacción.

Siguiendo la misma hipótesis en refrigeración, el edificio objeto demanda un $(87,0+98,1+80,8+96,7) / 4 = 90,6\%$ de lo que demanda el edificio de referencia en refrigeración.


Comparando las demandas de calefacción de cada parte del edificio objeto, y las demandas de refrigeración, bajo la suposición de que cada parte en la que se ha dividido el edificio objeto consume por igual, se puede afirmar que la parte P.3 del edificio es la más eficiente, seguida de la parte P.4, de la parte P.1 y por último, de la parte P.2.

Si se quiere una información detallada de los resultados para cada espacio, se pulsa la pestaña “por espacios” del menú “resultados”.


El edificio Torre Espacio de Madrid CUMPLE con la normativa establecida tanto en calefacción como en refrigeración. No es necesario aplicar medidas de mejora sobre los cerramientos puesto que el edificio cumple con todas las especificaciones de transmitancias, factores solares modificados, condensaciones y permeabilidad al aire marcadas en el Código Técnico de la Edificación CTE.

NOTA:

Este resultado evalúa exclusivamente la envuelta térmica del edificio y no tiene en cuenta la eficiencia de los sistemas del edificio.

El informe de la verificación del cumplimiento de la normativa HE 1 del Código Técnico de la Edificación (llamada limitación de la demanda energética del edificio) se obtiene pulsando el botón .

EL INFORME CONTIENE EN CADA UNA DE SUS PÁGINAS EL MISMO NÚMERO DE CONTROL, ÚNICO PARA CADA INFORME QUE SE EMITE, CON LA IDEA DE IMPEDIR QUE SE IMPRIMEN PÁGINAS SUELTAS PARA SUSTITUIR OTRAS DE UNA VERSIÓN ANTERIOR.

Pulsando el botón  se puede guardar el informe.

Los informes de la verificación del cumplimiento de la normativa HE 1 del Código Técnico de la Edificación (llamada limitación de la demanda energética del edificio) del edificio completo se encuentran en el ANEXO I.

Llegados a este punto, el siguiente paso es la obtención del informe de calificación energética del edificio, Torre Espacio de Madrid. La obtención de la calificación energética se conseguirá al final del siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5:

CALENER_GT



5. CALENER_GT

ÍNDICE

5.1 ESTRUCTURA DE CALENER_GT_____	72
5.1.1 BARRA DE NAVEGACIÓN_____	72
5.1.2 PANEL DE REVISIÓN_____	73
5.1.3 CÓDIGO DE COLORES_____	73
5.2 EXPORTACIÓN DEL EDIFICIO A CALENER_GT_____	74
5.3 COMPONENTES Y SISTEMAS DEL EDIFICIO_____	74
5.3.1 HORARIOS_____	74
5.3.2 CURVAS DE COMPORTAMIENTO_____	79
5.3.3 SUBSISTEMAS PRIMARIOS_____	79
5.3.3.1 Bombas_____	80
5.3.3.2 Circuitos hidráulicos_____	82
5.3.3.3 Plantas enfriadoras_____	86
5.3.3.4 Calderas_____	90
5.3.3.5 Generadores de ACS_____	92
5.3.3.6 Torres de refrigeración_____	93
5.3.4 SUBSISTEMAS SECUNDARIOS_____	96
5.3.4.1 Nivel del sistema_____	96
5.3.4.2 Nivel de zona_____	100
5.3.4.3 Creación de los subsistemas secundarios_____	100
5.3.4.4 Creación de zonas climatizadas por subsistemas secundarios_____	110
5.4 FORMULARIO DE EDICIÓN DE LOS ESPACIOS_____	116
5.4.1 PESTAÑA “DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA”_____	116
5.4.2 PESTAÑA “OCUPACIÓN, EQUIPOS E INFILTRACIÓN”_____	117
5.4.3 PESTAÑA “ILUMINACIÓN ARTIFICIAL Y NATURAL”_____	118



5.5 INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA_____	120
5.5.1 DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN_____	120
5.5.2 EMISIONES DE CLIMATIZACIÓN_____	121
5.5.3 EMISIONES DE ACS_____	121
5.5.4 EMISIONES DE ILUMINACIÓN_____	122
5.5.5 COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DE EMISIONES_____	123
5.5.6 CLASES DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA_____	123
5.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CALIFICACIÓN____	124
5.6.1 ETIQUETAS_____	125
5.6.2 INFORMES MENSUALES_____	126
5.6.3 INFORMES ANUALES_____	129
5.7 EFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS SOBRE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA_____	131
5.7.1 MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN_____	131
5.7.1.1 ¿Cómo se puede mejorar esta eficiencia? _____	131
5.7.1.2 Conceptos importantes en la iluminación _____	132
5.7.1.3 Cálculo de instalaciones de alumbrado _____	134
5.7.1.3.1. Programa DIALUX_____	135
5.7.1.3.1.1 Datos previos al cálculo de la instalación de alumbrado_____	135
5.7.1.3.1.2 Cálculo de la instalación de iluminación_____	138
5.7.1.3.1.3 Impresión de los resultados_____	138
5.7.1.3.2. Obtención del valor de eficiencia energética VEEI_____	140
5.7.1.3.3. Variación de los indicadores anuales según VEEI_____	143

5. CALENER_GT

La aplicación informática CALENER es la aplicación que nos va a permitir la obtención del informe de calificación energética del edificio.

5.1 ESTRUCTURA DE CALENER_GT ^[12]

Al igual que LIDER, el programa **CALENER_GT (calificación energética de grandes edificios terciarios)** agrupa los elementos en estructuras de tipo árbol. En LIDER se tiene un árbol de base de datos y un árbol del edificio, mientras que en CALENER_GT se agrupan todos los elementos del edificio en 4 árboles, a los que se puede acceder desde la barra de navegación.

5.1.1 BARRA DE NAVEGACIÓN

- Componentes



Pulsando sobre la pestaña **Componentes** se accede al árbol de objetos llamado árbol de componentes, que contiene los elementos necesarios para la definición constructiva del edificio (si no importamos el edificio del LIDER). También contiene la simulación horaria y la simulación energética (curvas de comportamiento) de los equipos.

- Geometría



Pulsando sobre la pestaña **Geometría** se accede al árbol de los elementos necesarios para definir geoméricamente el edificio (si no lo importamos del LIDER).

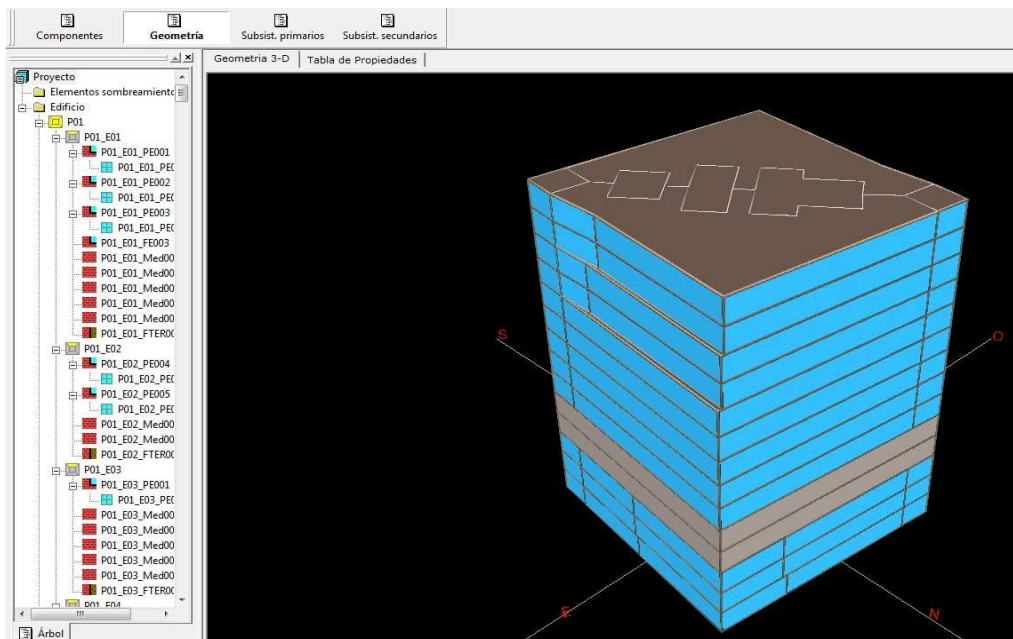


Figura 5.1 Pantalla principal del programa CALENER_GT

[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

- Subsistemas primarios

Para acceder al árbol de los subsistemas primarios se pulsa



Los subsistemas primarios son los equipos de producción de energía térmica calorífica y frigorífica (plantas enfriadoras, calderas, torres de enfriamiento, etc.), más las conexiones entre sí o con los sistemas de tratamiento y distribución de aire (subsistemas secundarios).

- Subsistemas secundarios

Para acceder al árbol de los subsistemas secundarios se pulsa



En este árbol se agrupan los sistemas de tratamiento y distribución de aire, incluso los equipos autónomos que no están conectados a los equipos centrales. Cada sistema lleva asociado un conjunto de zonas a las que presta servicio y que se muestra en el árbol.

5.1.2 PANEL DE REVISIÓN

El panel de revisión es el que aparece a la derecha del árbol de objetos en la ventana principal del programa. Se trata de un panel multifuncional que cambia según el árbol de elementos que se seleccione.

Si se selecciona la pestaña “componentes” y después un objeto del árbol (polígonos, elementos constructivos, horarios y curvas comportamiento), el panel de revisión lista todos los objetos del mismo tipo y permite modificar sus propiedades. La visión de estas tablas de propiedades resulta muy útil a la hora de comprobar errores en la introducción de los datos.

Si se selecciona la pestaña “geometría”, el panel de revisión muestra la geometría 3D del edificio o la tabla de propiedades.

Si se selecciona el árbol de subsistemas primarios o de subsistemas secundarios, el panel de revisión muestra el esquema de principios o la tabla de propiedades.

5.1.3 CÓDIGO DE COLORES ^[12]

Para conocer en todo momento la procedencia de los datos que va a manejar el programa, en CALENER_GT se diferencia las propiedades de los objetos mediante el siguiente código de colores:


- Color rojo: valores que introduce el usuario.
- Color verde: valores por defecto.
- Color azul: valores importados de la librería.


5. CALENER_GT

- Color morado: propiedades que toman el mismo valor en objetos conectados
- Color gris: rellenar el campo de esas propiedades carece de sentido.

5.2 EXPORTACIÓN DEL EDIFICIO A CALENER_GT

Una vez que se ha verificado el cumplimiento de la exigencia básica de ahorro de energía HE 1 (limitación de demanda energética), se pueden exportar los datos desde el programa LIDER al programa CALENER_GT.

La exportación de los datos de la definición geométrica y constructiva del edificio la realiza el programa LIDER, sin más que pulsar el botón etiquetado .

Además es posible acceder directamente desde LIDER al programa CALENER_GT mediante el botón .

La aplicación CALENER_GT requiere muchos más datos de entrada para obtener la calificación energética del edificio, ya que será necesario también introducir en el programa los datos de las instalaciones térmicas y lumínicas que contiene el edificio.

5.3 COMPONENTES Y SISTEMAS DEL EDIFICIO

El periodo de construcción del edificio transcurrió entre los años 2004 y 2007, por lo que la licencia de construcción se solicitó con anterioridad a septiembre 2006, que es cuando los documentos HE 4 (Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria) y HE 5 (Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica) adquirieron carácter obligatorio. Por este motivo no se proyectaron sistemas que cumplan con estas normativas.

5.3.1 HORARIOS

Para realizar la simulación térmica y eléctrica del propio edificio y de los sistemas de que se compone, es necesario disponer de unos horarios que se emplearán para controlar el tiempo de funcionamiento de los distintos equipos. También se usarán esos horarios para obtener las cargas de calefacción, refrigeración, climatización y eléctrica del edificio.

El primer paso consiste en la creación de un horario diario para, posteriormente, definir un horario semanal que se construye asignando un horario diario a cada día de la semana. Por último, es posible definir un horario anual basado en periodos con distintos horarios semanales ^[13].

Al exportar el archivo LIDER a CALENER_GT, se crean unos horarios por defecto (horarios de la librería del programa). Normalmente esos horarios no coinciden con los horarios que el usuario necesita, además ser pocos, ya que en cada edificio hay equipos con tiempos de funcionamiento distintos. Por ello, hace falta crear unos horarios nuevos que

sustituyan a esos horarios por defecto, además de añadir otros horarios. En Torre Espacio de Madrid nos hemos encontrado con esa situación.

En CALENER_GT existen ocho tipos distintos de horarios ^[27]. En este proyecto, sólo se han empleado la mitad de los horarios: el de tipo “fracción”, el de tipo “todo/nada”, el de tipo “temperatura” y el de tipo “ley correspondencia temperatura”.

En el horario de tipo “fracción” las operaciones horarias se expresan a través de un valor de un parámetro que varía entre 0 y 1.

El horario tipo “todo o nada” es un caso particular del fraccional en el que los parámetros sólo pueden tomar los valores 0 y 1.

En el horario de tipo “temperatura” se emplean temperaturas de consigna para controlar las operaciones horarias.

El horario “ley correspondencia temperatura” controla la temperatura de impulsión del aire a las zonas mediante una ley de correspondencia con la temperatura exterior.

Para introducir los horarios, diario, semanal o anual, hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de componentes asociada a cada tipo de horario.

A continuación se presentan tres de los horarios empleados para describir las operaciones horarias de Torre Espacio de Madrid.

Horario tipo fracción

Horario Diario		
Selección Horario Diario: D-Ofic-ilum-Lab		
Nombre: D-Ofic-ilum-Lab		
Tipo: Fracción		
Valores Horarios		
0 - 1:	0,0000	ratio
1 - 2:	0,0000	ratio
2 - 3:	0,0000	ratio
3 - 4:	0,0000	ratio
4 - 5:	0,0000	ratio
5 - 6:	0,0000	ratio
6 - 7:	0,0000	ratio
7 - 8:	1,0000	ratio
8 - 9:	1,0000	ratio
9 - 10:	1,0000	ratio
10 - 11:	1,0000	ratio
11 - 12:	1,0000	ratio
12 - 13:	1,0000	ratio
13 - 14:	1,0000	ratio
14 - 15:	1,0000	ratio
15 - 16:	1,0000	ratio
16 - 17:	1,0000	ratio
17 - 18:	1,0000	ratio
18 - 19:	1,0000	ratio
19 - 20:	1,0000	ratio
20 - 21:	1,0000	ratio
21 - 22:	1,0000	ratio
22 - 23:	0,0000	ratio
23 - 24:	0,0000	ratio

Figura 5.2 Horario laborable diario tipo fracción de la iluminación de Torre Espacio
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5. CALENER_GT

Este horario describe la operación de la iluminación en un día laboral. Desde las 7h a las 22h, mientras se mantiene la actividad en el edificio, la intensidad de iluminación está al máximo. Entre las 22h y las 7h del día siguiente se apagan las luces.

El horario de la iluminación es un horario tipo fracción, aunque parezca un horario tipo todo/nada en los días laborables. Esto se verá en la figura 5.3.

Su horario semanal asociado se completa con un horario para los sábados, que es el mismo que en un día laboral, y un horario para los domingos (figura 5.3). Este horario semanal se ha denominado Sem-Ofic-ilum (figura 5.4).

Horario	Ratio
0 - 1:	0,0000
1 - 2:	0,0000
2 - 3:	0,0000
3 - 4:	0,0000
4 - 5:	0,0000
5 - 6:	0,0000
6 - 7:	0,0000
7 - 8:	0,8000
8 - 9:	0,8000
9 - 10:	0,8000
10 - 11:	0,8000
11 - 12:	0,8000
12 - 13:	0,8000
13 - 14:	0,8000
14 - 15:	0,8000
15 - 16:	0,8000
16 - 17:	0,8000
17 - 18:	0,8000
18 - 19:	0,8000
19 - 20:	0,8000
20 - 21:	0,8000
21 - 22:	0,8000
22 - 23:	0,0000
23 - 24:	0,0000

Figura 5.3 Horario tipo fracción de la iluminación de Torre Espacio para domingos
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Día	Horario
Lunes	D-Ofic-ilum-Lab
Martes	D-Ofic-ilum-Lab
Miércoles	D-Ofic-ilum-Lab
Jueves	D-Ofic-ilum-Lab
Viernes	D-Ofic-ilum-Lab
Sábado	D-Ofic-ilum-Sab
Domingo	D-Ofic-ilum-Fest

Figura 5.4 Horario semanal del tipo fracción de la iluminación de Torre Espacio
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Este horario semanal se repite todo el año excepto en el mes de agosto. En el mes de agosto, los domingos tienen una iluminación de intensidad 50%.

Horario tipo temperatura

A continuación se va a mostrar uno de los horarios de tipo temperatura definidos en el proyecto para llevar a cabo el control de los equipos de climatización. En este caso, la temperatura de consigna asignada es de 25 °C que sirve para el control en verano. También se ha creado un horario similar con temperatura de consigna de 20 °C que se utiliza para el control en invierno.

The screenshot shows the 'Horarios' window with the 'Horario Diario' tab selected. The 'Seleccionar Horario Diario' dropdown is set to 'Día Siempre 25°C'. The 'Nombre' field is 'Día Siempre 25°C' and the 'Tipo' is 'Temperatura'. Below, the 'Valores Horarios' section displays a 3x8 grid of time intervals and temperatures.

Intervalo	Temperatura (°C)
0 - 1:	25,0
1 - 2:	25,0
2 - 3:	25,0
3 - 4:	25,0
4 - 5:	25,0
5 - 6:	25,0
6 - 7:	25,0
7 - 8:	25,0
8 - 9:	25,0
9 - 10:	25,0
10 - 11:	25,0
11 - 12:	25,0
12 - 13:	25,0
13 - 14:	25,0
14 - 15:	25,0
15 - 16:	25,0
16 - 17:	25,0
17 - 18:	25,0
18 - 19:	25,0
19 - 20:	25,0
20 - 21:	25,0
21 - 22:	25,0
22 - 23:	25,0
23 - 24:	25,0

Figura 5.5 Horario diario tipo temperatura de Torre Espacio
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5. CALENER_GT

Horario tipo ley correspondencia temperatura^[14]

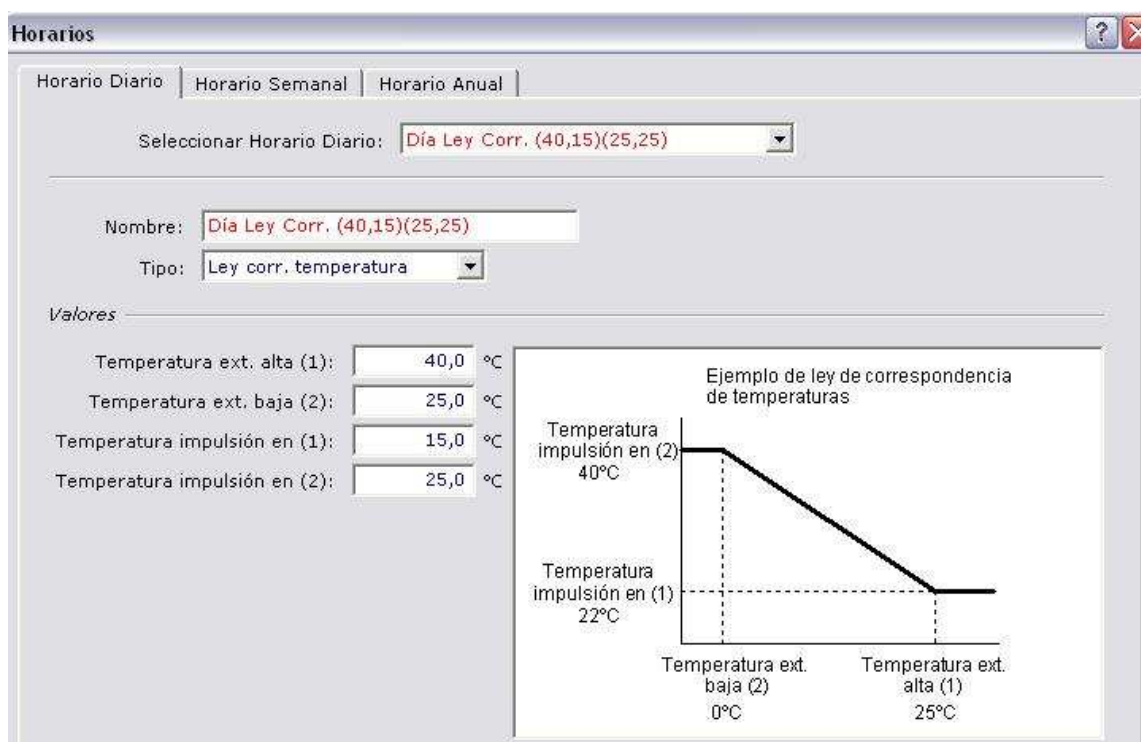


Figura 5.6 Horario diario tipo ley correspondencia temperatura de Torre Espacio
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

temperatura ext. alta (1) \equiv temperatura seca del aire exterior más alta = 40 °C; se corresponde con la temperatura de impulsión más baja \equiv temperatura impulsión en (1) en la ley de correspondencia = 15 °C.

temperatura ext. baja (1) = temperatura seca del aire exterior más baja = 25 °C; se corresponde con la temperatura de impulsión más alta = temperatura impulsión en (2) en la ley de correspondencia = 25 °C.

¿Cuál es el objetivo de este horario?

Este horario impulsa el aire hacia las zonas a una temperatura dependiente de la temperatura ambiente en ese momento.

Este horario es el mismo para todos los días del año.

5.3.2 CURVAS DE COMPORTAMIENTO ^[15]

Estas curvas describen la variación de determinadas características de algunos de los equipos que simula CALENER_GT según varían los parámetros de operación de los mismos.

Para algunos de estos equipos (plantas enfriadoras, calderas para calefacción, bombas, generadores de agua caliente sanitaria, torres de refrigeración y sistemas secundarios) el programa permite realizar modificaciones sobre las curvas de comportamiento incluidas en la base de datos. Esto se aconseja sólo para usuarios expertos del CALENER_GT.

La información detallada de las curvas de comportamiento y sus valores por defecto se encuentra en el "Manual de curvas" de CALENER_GT.

En el caso de Torre Espacio de Madrid no se han realizado modificaciones de los valores por defecto.

Para introducir las curvas de comportamiento hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de componentes asociada a las curvas de comportamiento. Al exportar el archivo LIDER a CALENER_GT se crean unas curvas de comportamiento por defecto (curvas de la librería del programa). Normalmente esas curvas no coinciden con las curvas que el usuario necesita, además de no ser suficientes, ya que en cada edificio hay equipos distintos. Por ello, hace falta crear unas curvas de comportamiento nuevas.

5.3.3 SUBSISTEMAS PRIMARIOS ^[12]

Son todos aquellos equipos y dispositivos encargados de la generación de la energía térmica, calorífica y frigorífica, así como de su transporte y distribución desde los equipos generadores (bombas, circuitos hidráulicos, plantas enfriadoras, calderas, torres de refrigeración) hasta los consumidores. En el árbol "Subsistemas Primarios" aparecen diferentes carpetas, donde se pueden ir creando cada uno de los objetos que componen los subsistemas primarios del edificio.

NOTA:

Se recomienda seguir el orden de creación de objetos sugerido por el orden de las carpetas; es decir, crear en primer lugar las bombas, a continuación los circuitos hidráulicos, etc.

5. CALENER_GT

5.3.3.1 Bombas

Para introducir las bombas hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de subsistemas primarios llamada “bombas”.

Los datos iniciales que se requieren para su caracterización se muestran en la pestaña “propiedades” de la bomba y son: la altura (m), el caudal (l/h), el número de esas bombas, etc.

Las curvas de comportamiento de las bombas, ofrecidas por defecto por el programa, describen la variación del incremento de presión en el fluido y la variación de la potencia nominal de la bomba.

Para configurar el sistema de distribución y transporte de agua de Torre Espacio de Madrid se han definido 9 tipos distintos de bombas. Se distinguen según pertenezcan al circuito de agua caliente, al circuito de condensación o al circuito de agua fría y según estén sobre la rama del primario o del secundario.

Sus propiedades son las siguientes:

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades			
Concepto a modificar:		Potencia			
	Nombre bomba	Caudal (l/h)	Altura (m)	Potencia	Número de bombas
1	bomba_primario_1_calor	23.750	10,0	1,06	1
2	bomba_primario2_calor	23.750	10,0	1,06	1
3	bomba_primario3_calor	23.750	10,0	1,06	1
4	bomba_secundario_calor	23.750	35,0	3,72	3
5	Bomba_secunadario_frro	51.200	35,0	8,02	4
6	bomba_cond_1	123.750	40,0	22,16	1
7	Bomba_condensacion2	123.750	40,0	22,16	1
8	b_conde3	123.750	40,0	22,16	1
9	b_conde_4	64.500	40,0	11,55	1
10	Bomba_primario_frio1	82.500	12,0	4,43	1
11	Bomba_primario_frio_2	82.500	12,0	4,43	1
12	Bomba_primario_frio3	82.500	12,0	4,43	1
13	bomba_primario_frio_4`p	43.000	12,0	2,31	1
14	bomba_teccho_frio	155.000	25,0	17,35	1

Tabla 5.1 Propiedades de las bombas de Torre Espacio de Madrid parte P1
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Para poder introducir 23.75 (l/h) se ha tenido que poner 23.750 (l/h).



Certificación energética de un edificio comercial

La potencia aparece como valor no modificable porque ha sido calculada por el programa basándose en los otros datos introducidos.

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades		
Concepto a modificar:		Rendimiento y control		
	Nombre bomba	Tipo de control	Rendimiento del motor (ratio)	Rendimiento mecánico (ratio)
1	bomba_primario_1_calor	Velocidad constante	0,80	0,77
2	bomba_primario2_calor	Velocidad constante	0,80	0,77
3	bomba_primario3_calor	Velocidad constante	0,80	0,77
4	bomba_secundario_calor	Velocidad variable	0,80	0,77
5	Bomba_secundario_frro	Velocidad variable	0,80	0,77
6	bomba_cond_1	Velocidad constante	0,80	0,77
7	Bomba_condensacion2	Velocidad constante	0,80	0,77
8	b_conde3	Velocidad constante	0,80	0,77
9	b_conde_4	Velocidad constante	0,80	0,77
10	Bomba_primario_frio1	Velocidad constante	0,80	0,77
11	Bomba_primario_frio_2	Velocidad constante	0,80	0,77
12	Bomba_primario_frio3	Velocidad constante	0,80	0,77
13	bomba_primario_frio_4`p	Velocidad constante	0,80	0,77
14	bomba_teccho_frio	Velocidad variable	0,80	0,77

Tabla 5.2 Rendimientos y tipos de control de las bombas de Torre Espacio de Madrid parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Para no tener que introducir todos los datos de cada bomba, se pueden copiar bombas. Para ello, después de pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta “bombas” del árbol de “sistemas primarios”, en el desplegable “opciones” se selecciona *copiar un objeto existente*. En el desplegable siguiente, “objeto a copiar”, se selecciona la bomba cuyos datos se quieren copiar. En la siguiente figura se muestra este proceso:

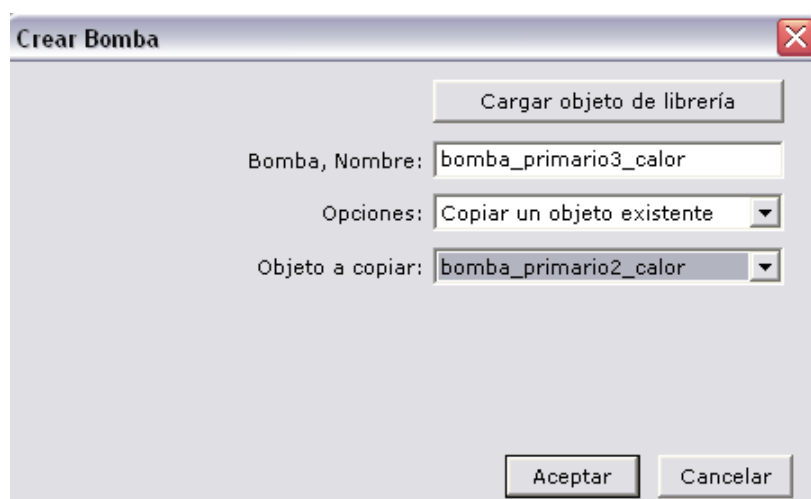


Figura 5.7 Formulario creación bomba_primario3_calor
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5. CALENER_GT

5.3.3.2 Circuitos hidráulicos

Es la conexión hidráulica existente entre los diversos equipos que constituyen el sistema de climatización y/o agua caliente sanitaria. Así, los circuitos permiten que un subsistema secundario, demandante de energía (batería de frío, batería de calor), esté conectado a un equipo primario capaz de satisfacer dicha demanda (planta enfriadora, caldera, bomba de calor, etc.). Igualmente, los circuitos posibilitan la conexión entre el condensador de una planta enfriadora condensada por agua y la torre de refrigeración.

Se han definido cuatro tipos de circuitos: de agua fría, de agua caliente, de condensación y de agua caliente sanitaria.

El circuito hidráulico de agua fría distribuye el agua desde las plantas enfriadoras hasta las baterías de frío de las unidades de tratamiento de aire (UTA) de los subsistemas secundarios.

El circuito hidráulico de agua caliente distribuye el agua desde las calderas hasta las baterías de calentamiento de aire de las UTA (baterías de precalentamiento, de calentamiento o recalentamiento).

El circuito hidráulico de condensación evacúa el calor de condensación conectando los condensadores de las enfriadoras con las torres de refrigeración.

El circuito hidráulico de agua caliente sanitaria (ACS) distribuye el agua directamente desde los generadores de ACS hasta las zonas donde se requiera ACS.

DEFINICIÓN:

Torre de refrigeración: Torre que enfría el agua procedente del condensador de la planta enfriadora.

Para introducir los circuitos hidráulicos hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de subsistemas primarios llamada “circuitos hidráulicos”.

El tipo de circuito es el primer parámetro de obligada introducción. Al pulsar “aceptar” se visualiza una pantalla (ver figura 5.8). En la pestaña “parámetros” se pueden indicar datos de subtipo (circuito primario o secundario), la bomba del circuito, caudal recirculado (l/h) y el porcentaje del caudal total primario (para los circuitos secundarios).

En la pestaña “control” se introducen los datos de control. En lo que respecta a los datos de control, CALENER_GT dispone de cuatro modos de operación: disponibilidad permanente, disponibilidad bajo demanda, cambio estacional por temperatura y disponibilidad en función de horario. Además, los circuitos hidráulicos tienen un control propio de la temperatura del lazo. CALENER_GT dispone de tres modos de control de la temperatura del agua: fijo, ley de correspondencia de temperatura exterior y en función de horario.



Certificación energética de un edificio comercial

Si el modo de control de la temperatura del agua es fijo, éste debe tener una temperatura de consigna. Si el modo de control de la temperatura del agua es del tipo ley de corr. de temperatura exterior, éste tendrá asociada una temperatura de consigna y una ley de correspondencia. Además, para el circuito hidráulico de ACS se debe indicar el caudal máximo de ACS y la temperatura del agua de red antes de pasar por el generador ACS.

The screenshot shows the 'Circuito hidráulico' window with the 'Parámetros' tab selected. The 'Seleccionar Circuito hidráulico' dropdown is set to 'circuito_primario_frio'. The 'Nombre' field contains 'circuito_primario_frio'. The 'Tipo circuito' dropdown is set to 'Agua fría', and the 'Subtipo' dropdown is set to 'Primario'. The 'Circuito primario' dropdown is set to 'n/a'. The 'Bomba circuito' dropdown is set to '- ninguno/a -'. The 'Caudal recirculado' field is set to '290.500 l/h'. The 'Porcentaje caudal primario' field is set to 'n/a %'.

a)

The screenshot shows the 'Circuito hidráulico' window with the 'Control' tab selected. The 'Seleccionar Circuito hidráulico' dropdown is set to 'circuito_primario_frio'. The 'Modo de operación' dropdown is set to 'Disponibilidad bajo demanda'. The 'Temperatura de cambio estacional' field is set to 'n/a'. The 'Horario disponibilidad calor' dropdown is set to 'n/a'. The 'Horario disponibilidad frío' dropdown is set to 'n/a'. The 'Calefacción/ACS' section has the following fields: 'Tipo control T agua' set to 'n/a', 'Temperatura consigna' set to 'n/a °C', 'Horario T consigna' set to 'n/a', 'Ley correspondencia T' set to 'n/a', 'Caudal máximo ACS' set to 'n/a l/h', 'T del agua de red' set to 'n/a °C', and 'Horario ACS' set to 'n/a'. The 'Refrigeración/Condensación' section has the following fields: 'Tipo control T agua' set to 'Fijo', 'Temperatura consigna' set to '6,0 °C', 'Horario T consigna' set to 'n/a', and 'Ley correspondencia T' set to 'n/a'.

b)

Figura 5.8 a, b) Formulario creación del circuito hidráulico primario de frío P1
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5. CALENER_GT

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar:

	Nombre circuito hidráulico	Tipo de circuito	Subtipo	Circuito primario	Bomba circuito
1	circuito_primario_calor	Agua caliente	Primario	- ninguno/a -	- ninguno/a -
2	circuito_condensacion	Circuito Condensación	Primario	- ninguno/a -	- ninguno/a -
3	circuito_primario_frio	Agua fría	Primario	- ninguno/a -	- ninguno/a -
4	ACS	Agua caliente sanitaria	Primario	- ninguno/a -	- ninguno/a -
5	Circuito secundario frio	Agua fría	Secundario	circuito_primario_frio	Bomba_secunadario_frro
6	circuito_secundario_calor	Agua caliente	Secundario	circuito_primario_calor	bomba_secundario_calor
7	Circuito techoi_frio	Agua fría	Secundario	circuito_primario_frio	bomba_teccho_frio

a)

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar:

Parámetros

	Nombre circuito hidráulico	Subtipo	Circuito primario	Bomba circuito	Caudal recirculado (l/h)	Porcentaje caudal prim. (%)
1	circuito_primario_calor	Primario	- ninguno/a -	- ninguno/a -	71.250	
2	circuito_condensacion	Primario	- ninguno/a -	- ninguno/a -		
3	circuito_primario_frio	Primario	- ninguno/a -	- ninguno/a -	290.500	
4	ACS	Primario	- ninguno/a -	- ninguno/a -		
5	Circuito secundario frio	Secundario	circuito_primario_frio	Bomba_secunadario_frro	206.255	71
6	circuito_secundario_calor	Secundario	circuito_primario_calor	bomba_secundario_calor	71.250	100
7	Circuito techoi frio	Secundario	circuito_primario_frio	bomba_teccho_frio	155.000	29

b)

Tabla 5.3 a, b) Parámetros de los circuitos hidráulicos de Torre Espacio de Madrid
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

NOTA:

El circuito hidráulico primario se caracteriza porque ha de tener al menos una bomba, la cual puede pertenecer al propio circuito o al equipo primario que abastece al mismo. En Torre Espacio de Madrid los circuitos hidráulicos primarios tienen varias bombas asociadas. Por tanto, la bomba del circuito no se especifica para ellos.

NOTA:

Para los circuitos hidráulicos, excepto para el circuito de ACS, se ha optado por un modo de operación de disponibilidad bajo demanda. Esto se ve en la siguiente tabla.



Certificación energética de un edificio comercial

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades
Concepto a modificar: Control		
	Nombre circuito hidráulico	Modo de operación
1	circuito_primario_calor	Disponibilidad bajo demanda ▼
2	circuito_condensacion	Disponibilidad bajo demanda ▼
3	circuito_primario_frio	Disponibilidad bajo demanda ▼
4	ACS	▼
5	circuito_secundario_calor	Disponibilidad bajo demanda ▼
6	Circuito secundario frio	Disponibilidad bajo demanda ▼
7	Circuito_techoi_frio	Disponibilidad bajo demanda ▼

Tabla 5.4 Modo de operación de los circuitos hidráulicos de Torre Espacio de Madrid [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar: Control Calefacción/ACS

	Nombre circuito hidráulico	Tipo control T agua	Temperatura consigna (°C)	Horario T consigna	Ley correspondencia T	Caudal máximo ACS (l/h)	T agua de red (°C)	Horario ACS
1	circuito_primario_calor	Fijo	80,0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	ACS	Fijo	50,0	n/a	n/a	2.725,0	10,0	Horario-demanda-ACS
3	circuito_secundario_calor	Fijo	80,0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
4	circuito_condensacion	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
5	Circuito_techoi_frio	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
6	Circuito secundario frio	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
7	circuito_primario_frio	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Tabla 5.5 Control de los circuitos hidráulicos calefacción / ACS de Torre Espacio de Madrid [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar: Control Refrigeración

	Nombre circuito hidráulico	Tipo control T agua	Temperatura consigna (°C)	Horario T consigna	Ley correspondencia
1	circuito_primario_calor	n/a	n/a	n/a	n/a
2	circuito_condensacion	Ley correspondencia temperatura exterior	29,0	n/a	LC(20,25)(25,30)
3	circuito_primario_frio	Fijo	6,0	n/a	n/a
4	ACS	n/a	n/a	n/a	n/a
5	circuito_secundario_calor	n/a	n/a	n/a	n/a
6	Circuito secundario frio	Fijo	7,0	n/a	n/a
7	Circuito techoi frio	Fijo	7,0	n/a	n/a

Tabla 5.6 Control de los circuitos hidráulicos de refrigeración de Torre Espacio de Madrid [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5. CALENER_GT

5.3.3.3 Plantas enfriadoras

Son los sistemas de producción de agua fría.

NOTA:

CALENER_GT permite elegir entre ocho tipos de plantas enfriadoras. Las plantas enfriadoras de Torre Espacio son de compresor eléctrico (sin recuperador de calor).

Para introducir las plantas enfriadoras hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de subsistemas primarios adecuada. Aparece la siguiente pantalla:

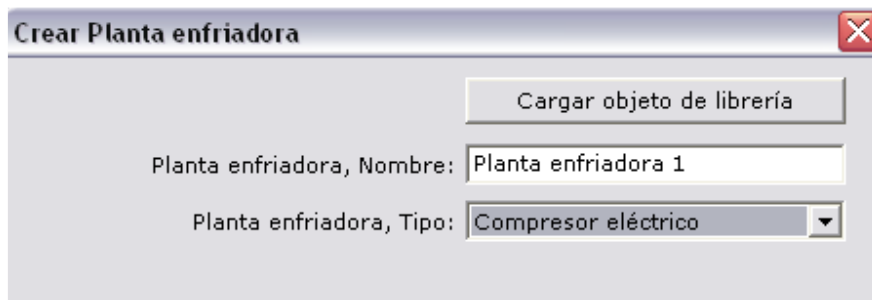


Figura 5.9 Nombre y tipo de enfriadora exigidos en la creación de la planta enfriadora 1 de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

RECORDAR:

El circuito hidráulico de agua fría distribuye el agua desde las plantas enfriadoras hasta las baterías de frío de las UTA → las enfriadoras se deben conectar al circuito primario de agua fría y a la bomba asociada al mismo que está conectada a la enfriadora.

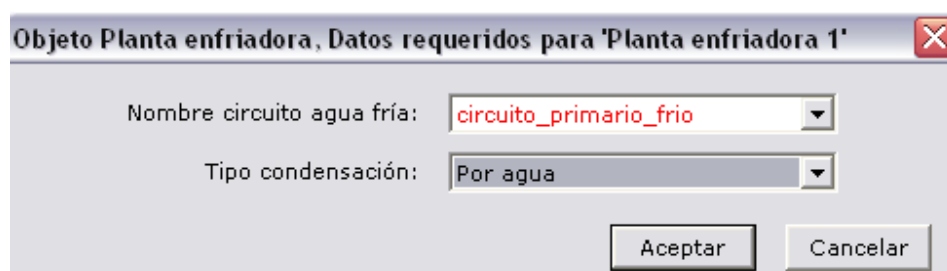
El circuito hidráulico de condensación distribuye el agua desde los condensadores de las enfriadoras hasta las torres de refrigeración → las enfriadoras se deben conectar también al circuito de condensación y a la bomba asociada al mismo que está conectada a la enfriadora.

NOTA:

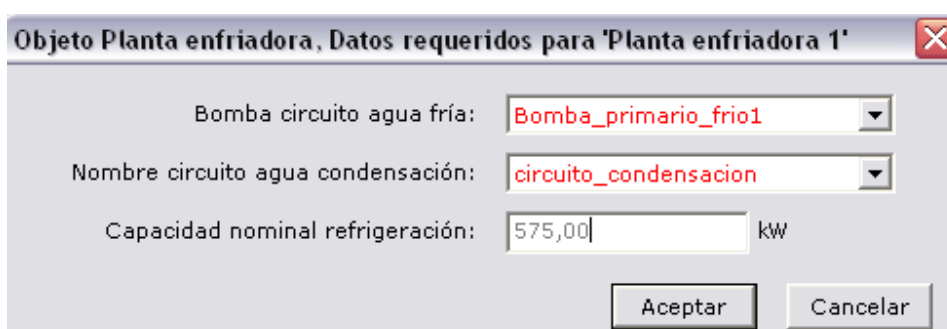
Una planta enfriadora o un generador térmico (caldera) no pueden suministrar energía a más de un circuito primario. En Torre Espacio de Madrid las plantas enfriadoras sólo suministran el calor extraído del circuito primario de agua fría al circuito de condensación.

Certificación energética de un edificio comercial

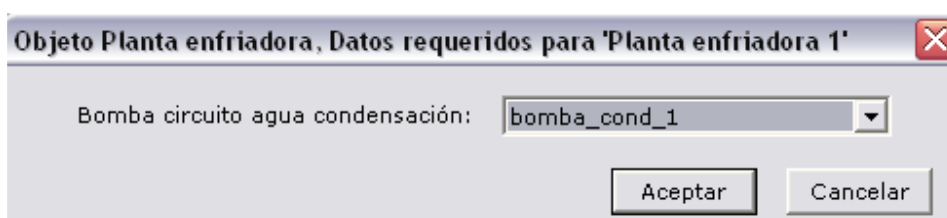
Al pulsar “aceptar” después de rellenar los campos de la figura 5.9, aparecen las siguientes tres pantallas sucesivamente.



a)



b)



c)

Figura 5.10 a, b, c) Otros datos exigidos en la creación de la planta enfriadora 1 de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Después de rellenar los campos iniciales aparecerá una última pantalla de definición de la planta enfriadora. En la pestaña “características básicas” se ha cambiado el valor de la capacidad nominal de refrigeración (KW) y el valor de EER (Energy Efficiency Ratio).

$$EER = \frac{P_{\text{frigorífica}} (KW)}{P_{\text{consumida}} (KW)}$$

5. CALENER_GT

Figura 5.11 Pestaña “características básicas” en la creación de la planta enfriadora 1 de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

En la pestaña “conexiones a circuitos” se ha cambiado el valor del salto de la temperatura del agua (°C) en el circuito de agua fría debido a la planta enfriadora.

Figura 5.12 Pestaña “conexiones a circuitos” en la creación de la planta enfriadora 1 de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

En la pestaña curvas de comportamiento se han dejado las curvas por defecto.

El sistema de producción de agua fría del edificio es centralizado y consta de 4 plantas enfriadoras de compresor eléctrico sin bomba de calor, sin recuperador y condensadas por agua.

Certificación energética de un edificio comercial

A continuación se muestran los valores de las plantas de producción de frío de Torre Espacio de Madrid.

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar:

Planta enfriadora - Características básicas

	Nombre planta enfriadora	Tipo	Capacidad nominal refri. (kW)	Capacidad nominal calef. (kW)	EER (electricidad)
1	Planta enfriadora 1	Compresor eléctrico	575,00	n/a	5,90
2	Planta enfriadora 2	Compresor eléctrico	575,00	n/a	5,90
3	Planta enfriadora 3	Compresor eléctrico	575,00	n/a	5,90
4	Planta enfriadora 4	Compresor eléctrico	300,00	n/a	5,60

Tabla 5.7 Características básicas de las enfriadoras de Torre Espacio de Madrid de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar: Conexiones a circuitos

	Nombre planta enfriadora	Nombre Circ. Agua Fría	Bomba Circ. Agua Fría	Salto T Circ. Agua Fría (°C)
1	Planta enfriadora 1	circuito_primario_frio	Bomba_primario_frio1	6,0
2	Planta enfriadora 2	circuito_primario_frio	Bomba_primario_frio_2	6,0
3	Planta enfriadora 3	circuito_primario_frio	Bomba_primario_frio3	6,0
4	Planta enfriadora 4	circuito_primario_frio	bomba_primario_frio_4`p	6,0

a)

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar: Conexiones a circuitos

	Nombre planta enfriadora	Nombre Circ. Condensación	Bomba Circ. Condensación	Salto T Circ. Condensación (°C)
1	Planta enfriadora 1	circuito_condensacion	bomba_cond_1	5,
2	Planta enfriadora 2	circuito_condensacion	Bomba_condensacion2	5,
3	Planta enfriadora 3	circuito_condensacion	b_conde3	5,
4	Planta enfriadora 4	circuito_condensacion	b_conde_4	5,

b)

Tabla 5.8 a, b) Conexiones a circuitos de las enfriadoras de Torre Espacio de Madrid de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5. CALENER_GT

5.3.3.4 Calderas

Para introducir las calderas hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de subsistemas primarios adecuada.

El proceso de creación de las calderas es parecido al seguido en la creación de las enfriadoras. En la primera pantalla que aparece, hay que dar nombre a la caldera y elegir el tipo. CALENER_GT permite elegir entre dos tipos de caldera, de combustible o eléctrica. Se ha elegido de combustible.

En la siguiente pantalla hay que decir a que circuito hidráulico se conecta la caldera. Hay que seleccionar circuito primario calor.

En la tercera pantalla hay que decir a que bomba del circuito primario de calor se conecta la caldera, la potencia nominal de la caldera (KW) y el tipo de caldera de combustible. Dentro de las calderas de combustible hay cuatro tipos de calderas; se ha elegido la convencional.

En la última pantalla hay que definir el rendimiento térmico de la caldera (η_{cald}) entre otros parámetros. η_{cald} es la relación entre la potencia nominal a plena carga que entrega la caldera y la potencia calorífica que consume; esta potencia calorífica consumida se obtiene a partir del poder calorífico inferior del combustible, PCI.

$$\eta_{cald} = \frac{Q_{nom_caldera}}{m_{comb} \cdot PCI_{comb}}$$

Donde

$Q_{nom_caldera}$ [KW] es potencia nominal de la caldera a plena carga

m_{comb} [Kg/s] es el gasto másico de combustible

PCI [KJ/Kg] es el poder calorífico inferior del combustible, es decir, del combustible húmedo

El valor de rendimiento de las calderas del Torre Espacio de Madrid se ha fijado en 0.92, mayor que el valor que proporciona por defecto por el programa.

Los demás valores se han dejado por defecto, incluidas las curvas de comportamiento.



Certificación energética de un edificio comercial

El sistema de producción de agua caliente de Torre Espacio de Madrid es centralizado y funciona mediante 3 calderas de combustible de tipo convencional que emplean gas natural.

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades				
Concepto a modificar:		Propiedades				
	Nombre caldera	Tipo	Subtipo	Potencia nominal. (kW)	Rendimiento térmico (ratio)	Rendimiento eléctrico (ratio)
1	Caldera 1	Caldera de combustible	Convencional	550,00	0,92	n/a
2	Caldera 2	Caldera de combustible	Convencional	550,00	0,92	n/a
3	Caldera 3	Caldera de combustible	Convencional	550,00	0,92	n/a

a)

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades			
Concepto a modificar:		Caldera - Propiedades			
	Nombre caldera	Temperatura de consigna (°C)	Salto T diseño (°C)	Tipo de combustible	Potencia nominal/consumo elec
1	Caldera 1	80,0	20,0	Gas Natural	400,00
2	Caldera 2	80,0	20,0	Gas Natural	400,00
3	Caldera 3	80,0	20,0	Gas Natural	400,00

b)

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades	
Concepto a modificar:		Conexiones a circuitos de agua caliente	
	Circuito	Bombas	
1	circuito_primario_calor	bomba_primario_1_calor	
2	circuito_primario_calor	bomba_primario2_calor	
3	circuito_primario_calor	bomba_primario3_calor	

c)

Tabla 5.9 a, b y c) Propiedades de las calderas de Torre Espacio de Madrid de la parte P1 del edificio [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Obsérvese que la temperatura de consigna para las calderas aparece como valor no modificable; esto se debe a que este valor ha sido previamente introducido en la definición de los parámetros de control del circuito de agua caliente.

5. CALENER_GT

5.3.3.5 Generadores de ACS

Para introducir los generadores de ACS hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de subsistemas primarios adecuada.

El proceso de creación de los generadores de ACS es parecido al seguido en la creación de las enfriadoras. En la primera pantalla, hay que dar nombre al generador y elegir el tipo. CALENER_GT permite elegir entre tres tipos de generador de ACS: caldera eléctrica, caldera de combustible y bomba de calor. se ha elegido caldera eléctrica.

En la siguiente pantalla hay que decir a que circuito de ACS se conecta el generador de ACS. Sólo hay un circuito de ACS y se selecciona.

En la tercera pantalla hay que definir la potencia nominal del generador (KW).

En la última pantalla hay que decir si hay depósito de acumulación de agua, y si lo hay, cual es su volumen (l) y cuáles son las pérdidas térmicas del depósito. En Torre Espacio de Madrid hay depósito de acumulación de agua. El resto de los parámetros se han dejado en su valor por defecto. En la siguiente figura aparecen los datos del único generador de ACS de Torre Espacio de Madrid.

Figura 5.13 Datos del generador de ACS de Torre Espacio de Madrid parte P1
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

En las pestañas "varios" y "curvas comportamiento" hay valores por defecto.

5.3.3.6 Torres de refrigeración

Las torres de refrigeración son los equipos encargados de evacuar al medio ambiente la energía térmica resultante de la cadena de transferencia térmica realizada en el ciclo frigorífico.

Para introducir las torres de refrigeración hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de subsistemas primarios adecuada.

El proceso de creación de las torres de refrigeración es parecido al seguido en la creación de las enfriadoras y las calderas. En la primera pantalla que aparece, hay que dar nombre a la torre y elegir el tipo. CALENER_GT permite elegir entre dos tipos de torre de refrigeración: de circuito abierto o cerrado. Se ha elegido de circuito abierto.

En las torres de refrigeración en circuito abierto existe contacto directo entre el agua procedente del condensador de la enfriadora que es pulverizada en la torre y el aire que circula en el interior de la misma.

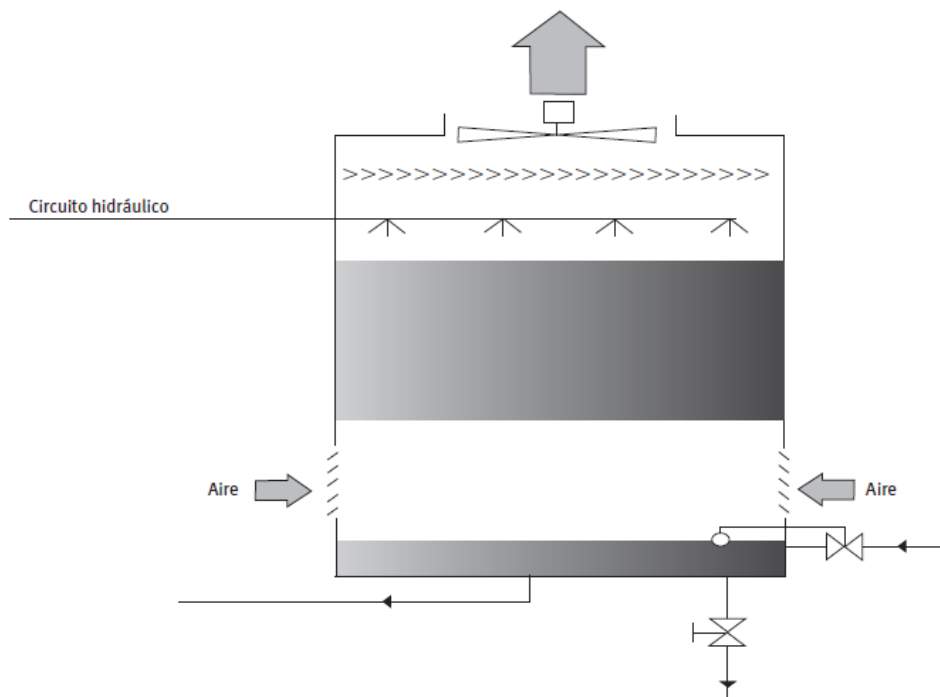


Figura 5.14 Funcionamiento de una torre de refrigeración en circuito abierto^[13]

En la siguiente pantalla hay que decir a que circuito de condensación se conecta la torre. Sólo hay un circuito de condensación y se selecciona.

En la tercera pantalla hay que definir la potencia de cada ventilador por celda (KW) y la potencia nominal de la torre (KW).

5. CALENER_GT

En CALENER_GT se considera que una torre de refrigeración está compuesta por una serie de módulos iguales e independientes, cada uno de los cuales se denomina celda. Cada celda incluye un ventilador de accionamiento independiente.

DEFINICIONES:

Potencia nominal de la torre: Es la potencia térmica que es capaz de disipar la torre de enfriamiento en condiciones de diseño.

Las condiciones de diseño son las definidas por el CTI (*Cooling Tower Institute*). Tales condiciones son 35 °C de entrada de agua, 29.5 °C de salida de agua, 25.5 °C de temperatura de bulbo húmedo, lo que corresponde a una cercanía de 4 °C (29.5-25.5 °C) y un intervalo de enfriamiento de 5.5 °C (35-29.5 °C).

Temperatura de bulbo húmedo de diseño: Es la temperatura de bulbo húmedo de la localidad, empleada para la selección de la torre de enfriamiento.

Cercanía: Es la diferencia de temperatura entre la de salida de agua de la torre y la de bulbo húmedo de diseño.

En la última pantalla hay que definir el número de celdas, el control de la temperatura de salida (°C) del agua de la torre, la temperatura del bulbo húmedo (°C) y la cercanía de diseño (°C). Ha sido necesario cambiar la temperatura del bulbo húmedo (°C) de 25,5 a 23,6; el control de la temperatura de salida del agua de la torre (de ventilador con velocidad fija a ventilador con velocidad variable). Este último cambio ha obligado a añadir una curva de comportamiento que modela la variación de la velocidad del ventilador.

En Torre Espacio de Madrid hay cuatro torres de refrigeración y las cuatro son iguales, así que se crea la primera torre y luego las otras tres se copian. En la siguiente tabla aparecen las propiedades de las torres de refrigeración.

Certificación energética de un edificio comercial

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar: Propiedades

	Nombre Torre de refrig.	Tipo	Potencia nominal (kW)	Potencia ventilador/celda (kW)	Número celdas
1	Torre de refrigeración 1	Torre circuito abierto	625,00	7,50	1
2	Torre de refrigeración 2	Torre circuito abierto	625,00	7,50	1
3	Torre de refrigeración 3	Torre circuito abierto	625,00	7,50	1
4	Torre de refrigeración 4	Torre circuito abierto	625,00	7,50	1

a)

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar: Propiedades

	Nombre Torre de refrig.	Tª de consigna (°C)	Control Tª salida agua	Tª bulbo húm. diseño (°C)	Cercanía diseño (°C)
1	Torre de refrigeración 1	29,0	Ventilador velocidad variable	23,6	4,5
2	Torre de refrigeración 2	29,0	Ventilador velocidad variable	23,6	4,5
3	Torre de refrigeración 3	29,0	Ventilador velocidad variable	23,6	4,5
4	Torre de refrigeración 4	29,0	Ventilador velocidad variable	23,6	4,5

b)

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar: Conexiones a circuitos

	Nombre Torre de refrig.	Nombre circuito condensación	Salto Tª torre (°C)
1	Torre de refrigeración 1	circuito_condensacion	5,0
2	Torre de refrigeración 2	circuito_condensacion	5,0
3	Torre de refrigeración 3	circuito_condensacion	5,0
4	Torre de refrigeración 4	circuito_condensacion	5,0

c)

Tabla 5.10 a, b y c) Propiedades de las torres de refrigeración de Torre Espacio de Madrid parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Obsérvese que la temperatura de consigna (temperatura a la salida de la torre) para las torres de refrigeración aparece como valor no modificable; esto se debe a que este valor ha sido previamente introducido en la definición de los parámetros de control del circuito de condensación.

5. CALENER_GT

5.3.4 SUBSISTEMAS SECUNDARIOS (LADO DEL AIRE) ^[13]

Los subsistemas secundarios son los encargados de acondicionar el aire en las unidades de tratamiento y distribuirlo a las zonas por la red de conductos. Torre Espacio tiene varios subsistemas secundarios del tipo “todo aire caudal constante” o “todo aire caudal variable” que distribuyen el aire, cada uno a sus zonas del edificio.

El lado del aire puede dividirse en dos niveles:

- Nivel del sistema o unidades de tratamiento de aire (UTA)

Son los dispositivos en los que se trata el aire antes de distribuirlo a las zonas. Las UTA-s se constituyen a su vez de la sección de baterías (frío y calor), la sección de humidificación y la de ventiladores.

- Nivel de zona

Son los equipos y dispositivos del sistema de climatización situados en las zonas donde se presta el servicio.

5.3.4.1 Nivel del sistema

Tipos y subtipos de sistemas

Los subsistemas secundarios pueden clasificarse según los siguientes criterios:

- a) Según la producción de frío:

- Autónomos
- De agua fría (no autónomos)

Son aquellos que enfrían el aire utilizando baterías de agua fría. Utilizan agua como fluido calorportador, por lo que en CALENER_GT es necesario introducir los datos relativos a los circuitos y a los equipos primarios. En el sector de climatización a veces se denominan “centralizados”, indicando que existe una producción central de agua fría. Pueden suministrar calefacción a los locales si se especifica la fuente de calor.

- Enfriamiento evaporativo
- Sólo calefacción
- Sólo ventilación



b) Según la localización del tratamiento de aire:

- Centrales

Son aquellos que tratan el aire en una unidad de tratamiento de aire que se encuentra fuera de las zonas. Los datos de la UTA se introducen en el nivel de sistema.

- Zonales

Son aquellos que tratan el aire en un equipo que se encuentra en las zonas. Los datos se introducen en el nivel de zona.

El sistema de climatización elegido en Torre Espacio de Madrid es una instalación tipo todo aire con producción centralizada de agua fría y caliente, tratamiento central de aire y distribución de aire a caudal constante o variable a las zonas climatizadas.

Capacidades opcionales de los sistemas

Para completar la definición de un subsistema secundario en CALENER_GT es necesario definir las capacidades opcionales de cada uno de los tipos de subsistemas existentes. Las que afectan a este proyecto son:

Fuente de calor

Los equipos de agua fría (no autónomos) son capaces de suministrar refrigeración. Para estos equipos es necesario especificar si pueden suministrar calefacción. En CALENER_GT se utiliza el término “fuente de calor” para especificar si existe o no calefacción, y en caso de que exista cuál es el origen de dicha energía. Las fuentes de calor incluidas en CALENER_GT son:

- Ninguna: El subsistema secundario no tiene calefacción.
- Eléctrica: calefacción por efecto Joule.
- Agua caliente: La fuente de calor es agua caliente dada por un circuito hidráulico.
- Circuito de ACS: agua caliente dada por un circuito de ACS.
- Generador de aire: hay que especificar el combustible utilizado.
- Bdc eléctrica: Bomba de Calor (BdC) eléctrica
- Bdc a gas: bomba de calor movida por un motor de combustión interna a gas

5. CALENER_GT

NOTA:

En los subsistemas secundarios de Torre Espacio de Madrid en los que existe fuente de calor, ésta es agua caliente dada por un circuito hidráulico.

Batería de precalentamiento

Algunos sistemas pueden incorporar una batería en la que se precaliente el aire de mezcla a la entrada a UTA. Es necesario especificar la temperatura hasta la que dicho aire se precalienta y la potencia de dicha batería, entre otras cosas. Las fuentes de calor admitidas para esta batería son: eléctrica y agua caliente; en este proyecto **la fuente de calor es agua caliente y se da sólo en los subsistemas llamados "uta..."**.

Según lo dicho hasta ahora en este apartado, las baterías de la unidad de tratamiento de aire son intercambiadores de calor agua → aire.

Enfriamiento gratuito (Economizador del lado del aire)

Es una de las técnicas de recuperación de energía del lado del aire. Para los sistemas todo aire caudal variable se puede especificar esta técnica con los controles por temperatura o por entalpía. En los sistemas "todo aire caudal variable" **el control es por entalpía**.

Recuperación de calor del aire de extracción

CALENER_GT permite recuperar parte de la energía del aire de expulsión para precalentar la corriente de aire exterior en invierno y preenfriarla en verano. Es necesario especificar el tipo de recuperador, la potencia y su efectividad.

En Torre Espacio partes P1 y P2 **hay dos subsistemas secundarios (distintos para cada parte) que permiten recuperación de calor del aire de extracción y precalentamiento**.

Tipo de retorno

Para los sistemas con tratamiento de aire centralizado es necesario especificar la forma en la que el aire retorna de la zona a la UTA, considerando de esta manera la posible adición de calor que el aire de retorno experimenta por las luminarias u otras fuentes.

En CALENER_GT el tipo de retorno puede ser:

- directo: El aire retorna a través de las zonas, pasillos, etc.
- **por conductos: El aire retorna a través de conductos (Torre Espacio)**
- por plenum: Un techo puede funcionar como plenum si el aire retorna por él, desde la zona hacia la unidad central de tratamiento de aire, sin ser dirigido dentro del techo hacia los conductos de retorno.



Control de la unidad de tratamiento de aire (UTA)

Para los sistemas centrales es necesario especificar cómo se controla la temperatura a la salida de las secciones de refrigeración y calefacción de la UTA. Los controles permitidos son:

- Por zona de control
- Temperatura constante

La temperatura de impulsión se mantiene constante durante todo el periodo de funcionamiento. **Lo hay en Torre Espacio en todos los subsistemas secundarios "techo_frio_.." y en alguno más.**

- Por un horario
- Por zona crítica
- Por ley de correspondencia

La temperatura de impulsión del aire a las zonas se determina mediante una ley de correspondencia en función de las condiciones exteriores (temperatura exterior). **Lo hay en Torre Espacio.**

Economizador del lado del agua

Algunos sistemas utilizan el aire exterior para enfriar agua en una torre de refrigeración (ocurre en Torre Espacio) y después enfriar el aire de mezcla en una batería de preenfriamiento situada en UTA. Esta técnica de recuperación de energía se conoce como "Economizador del lado del agua" o "free-cooling de torre" para distinguirlo del "Economizador del lado del aire" que suele denominarse "*free-cooling*".

En Torre Espacio los subsistemas secundarios "techo frío..." incorporan esta capacidad opcional.

5. CALENER_GT

5.3.4.2 Nivel de zona

En CALENER_GT a cada ZONA le corresponde un sólo ESPACIO.

Es la asignación de las zonas a los sistemas la que define el nivel de detalle necesario en la entrada de la geometría. Así que, no debe definirse un edificio en CALENER si previamente no se conocen los sistemas de acondicionamiento que van a utilizarse.

Los tipos de zonas admisibles en CALENER son:

- acondicionada: La zona es calentada y/o enfriada en función del tipo de subsistema secundario elegido.
- no acondicionada: La zona no es ni calentada ni enfriada. Ejemplo: pasillos.
- plenum

NOTA:

En este nivel se especifican fundamentalmente los datos relativos a:

- Termostato (tipo, ancho de banda (°C), horarios de consigna, etc.)
- Caudales de zona (impulsión, ventilación y extracción)
- Unidades terminales (potencias, caudales de agua, etc.)

5.3.4.3 Creación de los subsistemas secundarios

Al exportar el archivo LIDER a CALENER_GT se ha creado un subsistema secundario llamado “borrar”; todas las zonas, por defecto, pertenecían a ese subsistema, por lo que no se podían crear otros subsistemas ya que no quedaba ninguna zona libre.

Se ha tenido que eliminar el subsistema “borrar” junto con las zonas. Luego se ha ido creando uno a uno todos los subsistemas secundarios con sus zonas.

Para introducir los subsistemas secundarios hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de subsistemas primarios llamada “subsistemas secundarios”.

Cada vez que pulsamos “aceptar” aparece un menú contextual nuevo donde se tienen que rellenar los campos vacíos. Por ejemplo, en el primer menú contextual hay que completar los campos “nombre del sistema secundario” y “tipo del sistema secundario”; y así sucesivamente.



Crear Subsistema secundario

Cargar objeto de librería

Subsistema secundario, Nombre: uta_1_nw1_9

Subsistema secundario, Tipo: Todo aire caudal constante

a)

Objeto Subsistema secundario, Datos requeridos para 'uta_1_nw1_9'

Circuito agua fría: Circuito secundario frio

Aceptar Cancelar

b)

Objeto Subsistema secundario, Datos requeridos para 'uta_1_nw1_9'

Potencia Vent. impulsión: 23,00 kW

Potencia total batería frío: 498,00 kW

Potencia sensible bat.frío: 408,00 kW

Fuente de calor: Agua caliente

Fuente de calor zonal: Ninguna

Caudal ventilador impulsión: 47600 m³/h

Aceptar Cancelar

c)

Objeto Subsistema secundario, Datos requeridos para 'uta_1_nw1_9'

Circuito agua caliente: circuito_secundario_calor

Potencia calefacción: 233,00 kW

Aceptar Cancelar

d)

Figura 5.15 a, b, c, d) Datos iniciales requeridos para crear el subsistema secundario uta_1_nw1_9 de P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5. CALENER_GT

Una vez completados estos cuatro menús contextuales, hay que modificar y añadir los datos necesarios en el menú contextual siguiente:

Pestaña “Ventiladores”

The screenshot shows the 'Subsistemas secundarios' window with the 'Ventiladores' tab selected. The 'Seleccionar Sistema' dropdown is set to 'uta_1_nw1_9'. The window is divided into two main sections: 'Ventilador de impulsión' and 'Ventilador de retorno'. The 'Ventilador de impulsión' section has the following settings: 'Horario' set to 'Siempre funcionando', 'Caudal' at 47.600 m³/h, 'Potencia' at 23,00 kW, 'Tipo de control' set to 'Caudal constante', and 'Posición' set to 'Draw-Through'. The 'Ventilador de retorno' section has '¿Existe?' set to 'Sí', 'Caudal' at 38.000 m³/h, and 'Potencia' at 151,00 kW. At the bottom, there is a 'Caja de caudal variable' section with 'Caudal mínimo' set to 'n/a ratio'.

Figura 5.16 Pestaña “Ventiladores” de un subsistema secundario
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Por defecto no existe ventilador de retorno; al seleccionar sí, apareció la siguiente pantalla donde se tuvieron que rellenar los campos vacíos.

The screenshot shows a dialog box titled 'Objeto Subsistema secundario, Datos requeridos para 'uta_1_nw1_9''. It contains two input fields: 'Caudal ventilador retorno:' with the value 38.000 m³/h, and 'Potencia Vent. retorno:' with the value 151,00 kW. At the bottom right, there are two buttons: 'Aceptar' and 'Cancelar'.

Figura 5.17 Creación de un ventilador de retorno de un subsistema secundario
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

En Torre Espacio, los subsistemas secundarios llamados "techo_frio.." y alguno más no tienen ventilador de retorno.

Pestaña “Refrigeración”

The screenshot shows the 'Subsistemas secundarios' window with the 'Refrigeración' tab selected. The 'Seleccionar Sistema' dropdown is set to 'uta_1_nw1_9'. The 'Baterías' sub-tab is active, showing the following data:

Potencia Batería Central	
Total:	498,00 kW
Sensible:	408,00 kW

Batería Central de Agua Fría	
Circuito:	Circuito secundario fri
Caudal:	71.380 l/h
Salto térmico:	6,0 °C
Tipo de válvula:	Dos vías

Figura 5.18 Pestaña “Refrigeración”, apartado “Baterías” de un subsistema secundario
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

En el apartado “Baterías” se ha tenido que cambiar el salto térmico y el tipo de válvula.

Pestaña “Calefacción”

The screenshot shows the 'Subsistemas secundarios' window with the 'Calefacción' tab selected. The 'Baterías' sub-tab is active, showing the following data:

Potencia batería central:	
	233,00 kW

Caudal batería central:	
	10.019 l/h

Batería de recalentamiento:	
	n/a

Batería de Agua Caliente	
Circuito:	circuito_secundario_c
Circuito zonal:	n/a
Circuito de ACS:	n/a
Salto térmico:	20,0 °C
Tipo de válvula:	Dos vías

Figura 5.19 Pestaña “Calefacción”, apartado “Baterías” de un subsistema secundario
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5. CALENER_GT

En el apartado “Baterías” se ha tenido que cambiar el tipo de válvula.

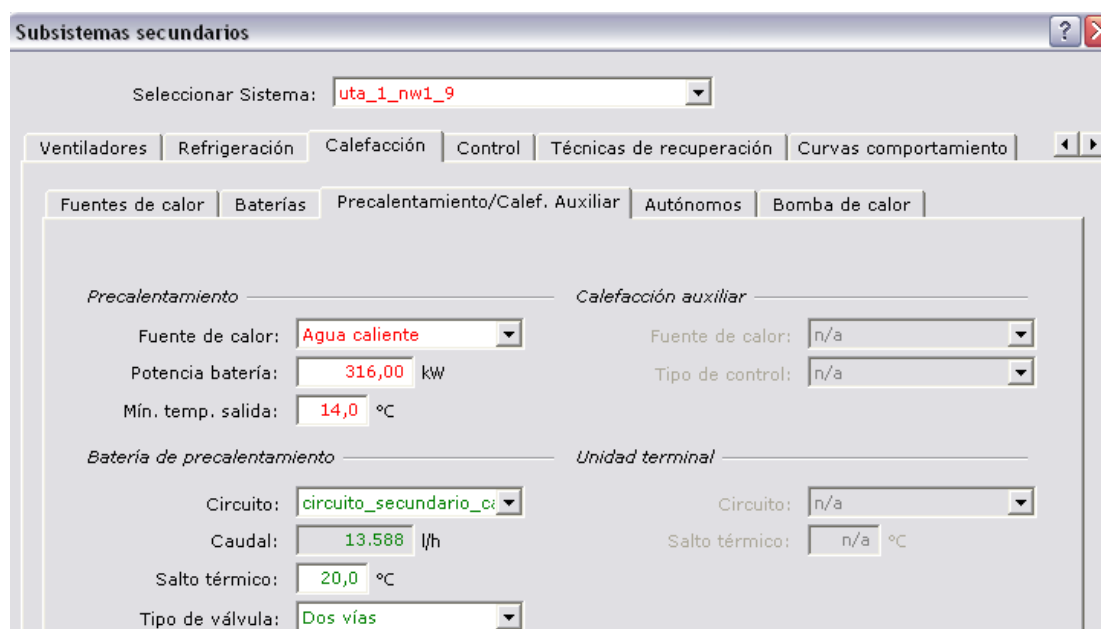


Figura 5.20 Pestaña “Calefacción”, apartado “Precalentamiento/Calefacción auxiliar” de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

En el apartado “Precalentamiento/Calefacción auxiliar” no existía, por defecto, una fuente de calor. Al seleccionar “agua caliente”, apareció la siguiente pantalla donde se tuvieron que rellenar los campos vacíos.

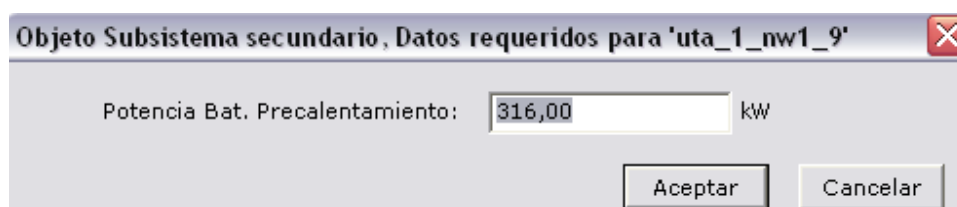


Figura 5.21 Creación de batería de precalentamiento de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Al seleccionar “aceptar”, luego se tuvo que cambiar, en el bloque “precalentamiento”, el valor mínimo de la temperatura de salida.

Pestaña “Control”

The screenshot shows the 'Subsistemas secundarios' window with the 'Control' tab selected. The system selected is 'uta_1_nw1_9'. The 'Temperatura Impulsión' section has 'Mínima' at 15,0 °C and 'Máxima' at 28,0 °C. The 'Horario de disponibilidad' section has 'Refrigeración' set to 'Siempre disponible' and 'Calefacción' set to 'Siempre disponible'. The 'Control Unidad de Tratamiento de Aire' section has 'Tipo de control' set to 'Temperatura constante', 'Consigna del termostato' at 20,0 °C, 'Horario de temperatura' at n/a, and 'Ley de correspondencia' at n/a.

Figura 5.22 Pestaña “Control” de un subsistema secundario
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Se tuvo que cambiar la temperatura máxima de impulsión y la consigna del termostato.

Pestaña “Técnicas de recuperación”

The screenshot shows the 'Subsistemas secundarios' window with the 'Técnicas de recuperación' tab selected. The system selected is 'uta_1_nw1_9'. The 'Enfriamiento gratuito' section has '¿Existe?' set to 'No' and 'Tipo de control' at n/a. The 'Recuperación de Calor' section has '¿Existe?' set to 'Sí', 'Tipo' set to 'Dinámico entálpico', 'Consumo' at 3,00 kW, and 'Efectividad' at 0,63.

Figura 5.23 Pestaña “Técnicas de recuperación” de un subsistema secundario
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5. CALENER_GT

Por defecto no existía recuperación de calor; al seleccionar sí, apareció el siguiente menú contextual donde se tuvieron que rellenar los campos vacíos.

Figura 5.24 Creación de un recuperador de calor de un subsistema secundario
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Al seleccionar “aceptar”, luego se tuvo que cambiar, en el bloque “recuperación de calor”, el valor del consumo en KW y la efectividad.

Pestaña “Curvas de comportamiento”

Hay que incluir las curvas que no aparecen por defecto.

A continuación se van a incluir unas tablas resumen que reflejan todos los datos de los subsistemas secundarios de la parte P1.

Esquema de Principios Tabla de Propiedades							
Concepto a modificar: Especificaciones Básicas							
	Nombre Subsist. Secund.	Tipo de sistema	Subtipo de sistema	Unidad terminal	Tipo de retorno	Zona de control	Tipo Control Humedad
1	uta_1_nw1_9	Todo aire caudal constante	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
2	uta12_e+1cafeteria	Todo aire caudal variable	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
3	uta13_e1_E2_sevcio_cafeteria	Todo aire caudal variable	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
4	uta16_e3_guarderia	Todo aire caudal variable	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
5	uta17_e3_controladministrativo	Todo aire caudal constante	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
6	uta18_e3_gim	Todo aire caudal variable	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
7	uta_19_vest_panoram_E1_E2	Todo aire caudal variable	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
8	UTA31A_ESCALERA_W_E1_13	Todo aire caudal constante	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
9	UTA32A_ESCALERA_E_E1_14	Todo aire caudal constante	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
10	uta3_sw1_9	Todo aire caudal constante	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
11	UTA9A_E1_e2iE	Todo aire caudal variable	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
12	UTA_9B_E1_E2	Todo aire caudal variable	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
13	UTA14_E1_E2_E3	Todo aire caudal variable	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
14	TECHO_FRIO_1A	Todo aire caudal constante	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno
15	TECHO_FRIO_1B	Todo aire caudal constante	n/a	n/a	Por conductos	n/a	Ninguno

a)

Certificación energética de un edificio comercial

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades									
Concepto a modificar:		Ventiladores									
	Subsist. Secund.	Horario	Potencia (kW)	Fact.Transp. (W/(m³/h))	Caudal (m³/h)	Control	Posición ventilador	Ventilador Ret.	Caudal Ret. (m³/h)	Potencia Ret. (kW)	Caudal min. CV (ratio)
1	uta_1_nw1_9	Siempre funcionando	23,00	n/a	47.600	Caudal constante	Draw-Through	Si	38.000	151,00	n/a
2	uta12_e+1cafeteria	Siempre disponible	3,00	n/a	16.000	Velocidad variable	Draw-Through	Si	12.800	2,00	0,20
3	uta13_e1_E2_sevci	Siempre disponible	0,70	n/a	4.000	Velocidad variable	Draw-Through	Si	3.200	0,50	0,20
4	uta16_e3_guarderia	Siempre disponible	0,90	n/a	5.200	Velocidad variable	Draw-Through	Si	4.150	0,70	0,20
5	uta17_e3_controladr	Siempre funcionando	0,45	n/a	2.800	Caudal constante	Draw-Through	No	n/a	n/a	n/a
6	uta18_e3_gim	Siempre disponible	1,20	n/a	7.000	Velocidad variable	Draw-Through	Si	5.600	1,00	0,20
7	uta_19_vest_panora	Siempre disponible	6,00	n/a	36.600	Velocidad variable	Draw-Through	Si	29.300	5,00	0,20
8	UTA31A_ESCALERA	Siempre disponible	2,50	n/a	15.000	Caudal constante	Draw-Through	No	n/a	n/a	n/a
9	UTA32A_ESCALERA	Siempre disponible	1,50	n/a	9.500	Caudal constante	Draw-Through	No	n/a	n/a	n/a
10	uta3_sw1_9	Siempre funcionando	23,00	n/a	48.000	Caudal constante	Draw-Through	Si	30.000	12,00	n/a
11	UTA9A_E1_e2IE	Siempre disponible	4,40	n/a	19.000	Velocidad variable	Draw-Through	Si	15.200	3,50	0,20
12	UTA_9B_E1_E2	Siempre disponible	3,70	n/a	16.000	Velocidad variable	Draw-Through	Si	12.800	3,00	0,20
13	UTA14_E1_E2_E3	Siempre disponible	2,00	n/a	11.500	Velocidad variable	Draw-Through	Si	9.200	1,50	0,20
14	TECHO_FRIO_1A	Siempre disponible	0,00	n/a	17	Caudal constante	Blow-Through	No	n/a	n/a	n/a
15	TECHO_FRIO_1B	Siempre disponible	0,00	n/a	17	Caudal constante	Blow-Through	No	n/a	n/a	n/a

b)

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades					
Concepto a modificar:		Refrigeración					
	Subsist. Secund.	Pot. Total (kW)	Pot. Sens. (kW)	Circuito	Caudal Agua (l/h)	Salto Térmico Agua (°C)	Tipo Válvula
1	uta_1_nw1_9	498,00	408,00	Circuito secundario frio	71.380	6,0	Dos vías
2	uta12_e+1cafeteria	136,00	120,00	Circuito secundario frio	19.493	6,0	Dos vías
3	uta13_e1_E2_sevci	34,00	30,00	Circuito secundario frio	4.873	6,0	Dos vías
4	uta16_e3_guarderia	32,00	27,00	Circuito secundario frio	4.587	6,0	Dos vías
5	uta17_e3_controladr	24,00	21,00	Circuito secundario frio	3.440	6,0	Dos vías
6	uta18_e3_gim	48,00	42,00	Circuito secundario frio	6.880	6,0	Dos vías
7	uta_19_vest_panora	298,00	265,00	Circuito secundario frio	42.713	6,0	Dos vías
8	UTA31A_ESCALERA	115,00	103,00	Circuito secundario frio	16.483	6,0	Dos vías
9	UTA32A_ESCALERA	73,00	65,00	Circuito secundario frio	10.463	6,0	Tres vías
10	uta3_sw1_9	502,00	411,00	Circuito secundario frio	71.953	6,0	Dos vías
11	UTA9A_E1_e2IE	137,00	114,00	Circuito secundario frio	19.637	6,0	Dos vías
12	UTA_9B_E1_E2	120,00	102,50	Circuito secundario frio	17.200	6,0	Dos vías
13	UTA14_E1_E2_E3	98,00	87,00	Circuito secundario frio	14.047	6,0	Dos vías
14	TECHO_FRIO_1A	25,00	25,00	Circuito_techoi_frio	6.515	3,3	Dos vías
15	TECHO_FRIO_1B	25,00	25,00	Circuito_techoi_frio	6.515	3,3	Dos vías
16	TECHO_FRIO_2A	50,00	50,00	Circuito_techoi_frio	13.030	3,3	Dos vías
17	TECHO_FRIO_3A	25,00	25,00	Circuito_techoi_frio	6.515	3,3	Dos vías

c)

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades					
Concepto a modificar:		Economizador Agua					
	Subsistema Secundario	Existe?	Efect. Intercam. (ratio)	Salto térmico mínimo (°C)	Nombre circuito agua	Salto térmico agua (°C)	Tipo de válvula
1	TECHO_FRIO_1A	Si	0,7	1	circuito_condensacion	5	Dos vías
2	TECHO_FRIO_1B	Si	0,7	1	circuito_condensacion	5	Dos vías
3	TECHO_FRIO_2A	Si	0,7	1	circuito_condensacion	5	Dos vías

d)



5. CALENER_GT

Recordar que los subsistemas secundarios llamados "uta" no tenían economizador de agua.

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar: Calefacción-Fuentes de Calor

	Subsist. Secund.	A nivel de sistema	A nivel de zona
1	uta_1_nw1_9	Agua caliente ▼	Ninguna ▼
14	TECHO FRIO_1A	Ninguna ▼	Ninguna ▼

e)

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades							
Concepto a modificar: Calefacción-Baterías									
	Subsist. Secund.	Potencia bat. central (kW)	Caudal bat. central (l/h)	Pot.Bat.Reca l.	Circuito UTA	Circuito Zonal	Circuito ACS	Salto térmico Agua (°C)	Tipo Válvula
1	uta_1_nw1_9	233,00	10.019	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
2	uta12_e+1cafeteria	177,00	7.611	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
3	uta13_e1_E2_sevci	44,00	1.892	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
4	uta16_e3_guarderia	30,00	1.290	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
5	uta17_e3_controladr	27,00	1.161	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
6	uta18_e3_gim	52,00	2.236	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
7	uta_19_vest_panora	335,00	14.405	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
8	UTA31A_ESCALERA	92,00	3.956	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
9	UTA32A_ESCALERA	58,00	2.494	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
10	uta3_sw1_9	235,00	10.105	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
11	UTA9A_E1_e2IE	138,00	5.934	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
12	UTA_9B_E1_E2	131,00	5.633	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
13	UTA14_E1_E2_E3	127,00	5.461	n/a	circuito_secundario_calor ▼	n/a	n/a	20,0	Dos vías ▼
14	TECHO FRIO_1A	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

f)

Esquema de Principios

Tabla de Propiedades

Concepto a modificar: Precalentamiento

	Subsistema Secundario	Fuente calor	Potencia bat. (kW)	Min. Tª Salida (°C)	Circuito Bat.	Caudal Bat. (l/h)	Salto Térm. Bat. (°C)	Tipo Válvula Bat.
1	uta_1_nw1_9	Agua caliente	316	14	circuito_secundario_calor	13.588	20	Dos vías
2	uta3_sw1_9	Agua caliente	318	14	circuito_secundario_calor	13.674	20	Dos vías

g)



Certificación energética de un edificio comercial

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades						
Concepto a modificar:		Control						
	Subsistema Secundario	Mínima Tº Impulsión (°C)	Máxima Tº Impulsión (°C)	Horario Refrigeración	Horario Calefacción	Tipo Control UTA	Consigna termostato (°C)	Ley de correspondencia
1	uta_1_nw1_9	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Temperatura constante	20	n/a
2	uta12_e+1cafeteria	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
3	uta13_e1__E2_sevcio_caf	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
4	uta16_e3_guarderia	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
5	uta17_e3_controladminist	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Temperatura constante	20	n/a
6	uta18_e3_gim	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
7	uta_19_vest_panoram_E3	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
8	UTA31A_ESCALERA_W_E	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
9	UTA32A_ESCALERA_E_E1	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
10	uta3_sw1_9	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Temperatura constante	20	n/a
11	UTA9A_E1_e2iE	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
12	UTA_9B_E1_E2	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
13	UTA14_E1_E2_E3	15	28	Siempre disponible	Siempre disponible	Por ley de correspondencia	20	Ley Corr. (40,15)
14	TECHO_FRIO_1A	15	n/a	Siempre funcionando	n/a	Temperatura constante	15	n/a

h)

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades	
Concepto a modificar:		Enfriamiento Gratuito	
	Subsistema Secundario	¿Existe?	Tipo de Control
1	uta_1_nw1_9	No	n/a
2	uta12_e+1cafeteria	Sí	Por entalpía
3	uta13_e1__E2_sevcio_cafeteria	Sí	Por entalpía
4	uta16_e3_guarderia	Sí	Por entalpía
5	uta17_e3_controladministrativo	No	n/a
6	uta18_e3_gim	Sí	Por entalpía
7	uta_19_vest_panoram_E1_E2_E3	Sí	Por entalpía
8	UTA31A_ESCALERA_W_E1_13	No	n/a
9	UTA32A_ESCALERA_E_E1_14	No	n/a
10	uta3_sw1_9	No	n/a
11	UTA9A_E1_e2iE	Sí	Por entalpía
12	UTA_9B_E1_E2	Sí	Por entalpía
13	UTA14_E1_E2_E3	Sí	Por entalpía
14	TECHO_FRIO_1A	No	n/a

i)

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades			
Concepto a modificar:		Recuperación de Calor			
	Subsistema Secundario	¿Existe?	Tipo	Potencia (kW)	Efectividad
1	uta_1_nw1_9	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,63
2	uta3_sw1_9	Sí	Dinámico entálpico	3,00	0,63

j)

Tabla 5.11 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j) Características de los subsistemas secundarios de P1
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

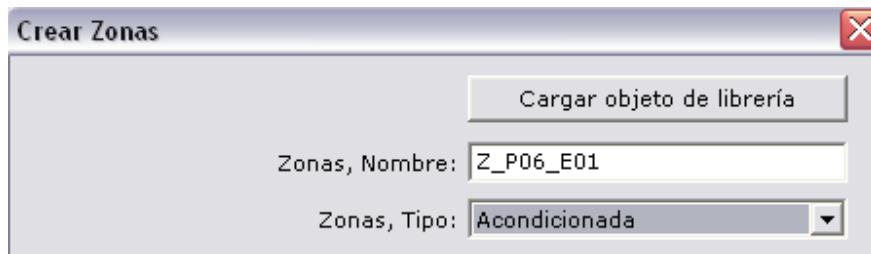
5. CALENER_GT

No se han incluido en estas tablas los otros sistemas secundarios llamados techo frío porque tienen las mismas características que el llamado techo frío que aparece en la última fila de las tablas. En la tabla e) tampoco se han incluido los otros subsistemas secundarios llamados "uta" porque tienen las mismas fuentes de calor que el que aparece en dicha tabla.

5.3.4.4 Creación de zonas climatizadas por subsistemas secundarios

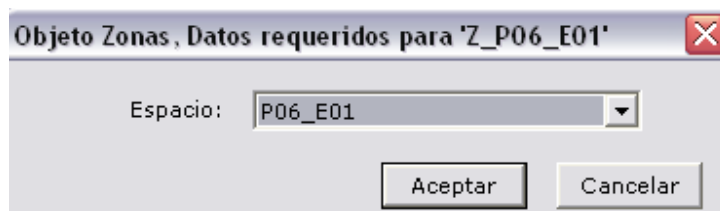
Para introducir las zonas asignadas a cada subsistema secundario hay que pulsar el botón derecho del ratón sobre la carpeta del árbol de subsistemas primarios llamada "subsistemas secundarios" y seleccionar "Crear objeto hijo" + "Crear zona".

Al seleccionar "Aceptar" en cada pantalla aparece la siguiente, según la ordenación:



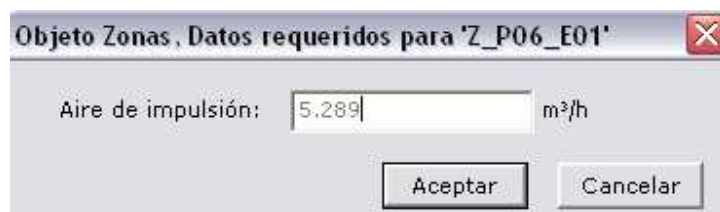
The dialog box titled "Crear Zonas" has a close button (X) in the top right corner. It contains a button labeled "Cargar objeto de librería". Below this, there are two input fields: "Zonas, Nombre:" with the text "Z_P06_E01" and "Zonas, Tipo:" with a dropdown menu showing "Acondicionada".

a)



The dialog box titled "Objeto Zonas, Datos requeridos para 'Z_P06_E01'" has a close button (X) in the top right corner. It contains a dropdown menu labeled "Espacio:" with the text "P06_E01". At the bottom, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

b)



The dialog box titled "Objeto Zonas, Datos requeridos para 'Z_P06_E01'" has a close button (X) in the top right corner. It contains a text input field labeled "Aire de impulsión:" with the value "5.289" and the unit "m³/h". At the bottom, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

c)

Figura 5.25 Creación de una zona en un subsistema secundario
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Una vez completados estos tres menús contextuales, hay que modificar y añadir los datos necesarios en el menú contextual siguiente:

Pestaña “Especificaciones básicas”

The screenshot shows a software window titled 'Zonas' with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). Inside the window, there is a dropdown menu labeled 'Seleccionar zona:' with 'Z_P06_E01' selected. Below this, there are three tabs: 'Especificaciones Básicas' (which is active), 'Caudales', and 'Unidades terminales'. The 'Especificaciones Básicas' tab contains several input fields and dropdown menus:

- 'Nombre:' with a text box containing 'Z_P06_E01'.
- 'Tipo de zona:' with a dropdown menu showing 'Acondicionada'.
- 'Espacio:' with a dropdown menu showing 'P06_E01'.
- 'Sistema al que pertenece:' with a dropdown menu showing 'uta_1_nw1_9'.
- A section titled 'Termostato' with a horizontal line above it.
 - 'Tipo:' with a dropdown menu showing 'Proporcional'.
 - 'Ancho de banda:' with a text box containing '4,0' and a unit '°C'.
 - 'Horario de consigna del termostato' with two dropdown menus:
 - 'Refrigeración:' showing 'anual siempre24'.
 - 'Calefacción:' showing 'anual siempre22'.

Figura 5.26 Pestaña “Especificaciones básicas” de una zona de un subsistema secundario [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Se han cambiado todos los datos del termostato: el tipo, de “todo/nada” a “proporcional”, el ancho de banda de “1 °C” a “4 °C”, el horario de consigna del termostato para refrigeración de “anual siempre 25 °C” a “anual siempre 24 (°C)” y el horario de consigna del termostato para calefacción de “anual siempre 20 °C” a “anual siempre 22 (°C)”.

Estos valores son los mismos para todos los espacios acondicionados por los subsistemas secundarios llamados "uta..".

Como es lógico, los espacios no acondicionados no tienen termostato por lo que no habría que definir estos parámetros.

Los datos del termostato para todos los espacios acondicionados por los subsistemas secundarios llamados "techo_frio_..". son: el tipo “todo/nada”, el horario de consigna del termostato para refrigeración de “siempre 25 °C” y el horario de consigna del termostato para calefacción de "siempre 20 °C”.

5. CALENER_GT

Pestaña “Caudales”

The screenshot shows a software window titled 'Zonas' with a standard Windows interface (title bar, help, and close buttons). Inside, there's a dropdown menu 'Seleccionar zona:' with 'Z_P06_E01' selected. Below this are three tabs: 'Especificaciones Básicas', 'Caudales' (which is active), and 'Unidades terminales'. The 'Caudales' tab contains several input fields and labels:

- Aire impulsión:**
 - Diseño: 5.289 m³/h
 - Fracción mínima: n/a ratio
- Aire exterior:**
 - Método de definición: Caudal total (dropdown)
 - Caudal: 5.289 m³/h
 - Caudal/Persona: (empty) m³/h
 - Renovaciones/hora: (empty)
- Ventilador de extracción:**
 - ¿Existe?: No (dropdown)
 - Caudal: n/a m³/h
 - Potencia: n/a kW

Figura 5.27 Pestaña “Caudales” de una zona de un subsistema secundario
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Se ha cambiado en el bloque “Aire exterior”: el método de definición, de “caudal por persona” a “caudal total”, por lo que se ha tenido que dar un valor al caudal (he puesto 5289 m³/h, valor que coincide con el valor introducido en la figura 5.25 c)); el número de renovaciones por hora lo fija el programa a partir de los demás valores de la zona.

Una vez creada la zona Z_P06_E01, hay que crear las zonas Z_P07_E03, Z_P08_E03, Z_P09_E10, Z_P10_E17, Z_P11_E22, Z_P12_E01, Z_P13_E08 (renovaciones por hora 1,81) y Z_P14_E01(renovaciones por hora 1,81), siguiendo el mismo procedimiento.

A continuación se van a incluir unas tablas resumen que reflejan todos los datos de las zonas de los subsistemas secundarios.

Certificación energética de un edificio comercial

Esquema de Principios Tabla de Propiedades								
Concepto a modificar: Generalidades								
	Zona	Tipo	Espacio	Subsistema secundario	Tipo termostato	Ancho de banda (°C)	Consigna Ref.	Cosigna Cal.
1	Z_P06_E01	Acondicionada	P06_E01	uta_1_nw1_9	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
2	Z_P07_E03	Acondicionada	P07_E03	uta_1_nw1_9	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
3	Z_P08_E03	Acondicionada	P08_E03	uta_1_nw1_9	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
4	Z_P09_E10	Acondicionada	P09_E10	uta_1_nw1_9	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
5	Z_P10_E17	Acondicionada	P10_E17	uta_1_nw1_9	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
6	Z_P11_E22	Acondicionada	P11_E22	uta_1_nw1_9	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
7	Z_P12_E01	Acondicionada	P12_E01	uta_1_nw1_9	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
8	Z_P13_E08	Acondicionada	P13_E08	uta_1_nw1_9	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
9	Z_P14_E01	Acondicionada	P14_E01	uta_1_nw1_9	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
10	Z_P05_E01	No Acondicionada	P05_E01	uta12_e+1cafeteria	n/a	n/a	n/a	n/a
11	Z_P01_E05	Acondicionada	P01_E05	uta12_e+1cafeteria	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
12	Z_P04_E01	No Acondicionada	P04_E01	uta13_e1_E2_servi	n/a	n/a	n/a	n/a
13	Z_P01_E03	Acondicionada	P01_E03	uta13_e1_E2_servi	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
14	Z_P02_E03	Acondicionada	P02_E03	uta13_e1_E2_servi	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
15	Z_P01_E09	No Acondicionada	P01_E09	uta16_e3_guarderia	n/a	n/a	n/a	n/a
16	Z_P03_E03	Acondicionada	P03_E03	uta16_e3_guarderia	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
17	Z_P03_E02	Acondicionada	P03_E02	uta17_e3_controladr	Proporcional	1	anual siempre24	anual siempre22
18	Z_P11_E28	No Acondicionada	P11_E28	uta18_e3_gim	n/a	n/a	n/a	n/a
19	Z_P03_E08	Acondicionada	P03_E08	uta18_e3_gim	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
20	Z_P04_E02	No Acondicionada	P04_E02	uta_19_vest_panora	n/a	n/a	n/a	n/a
21	Z_P09_E12	No Acondicionada	P09_E12	uta_19_vest_panora	n/a	n/a	n/a	n/a
22	Z_P01_E06	Acondicionada	P01_E06	uta_19_vest_panora	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
23	Z_P02_E01	Acondicionada	P02_E01	uta_19_vest_panora	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
24	Z_P03_E10	Acondicionada	P03_E10	uta_19_vest_panora	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
25	Z_P01_E08	Acondicionada	P01_E08	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
26	Z_P08_E05	No Acondicionada	P08_E05	UTA31A_ESCALERA	n/a	n/a	n/a	n/a
27	Z_P02_E07	Acondicionada	P02_E07	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
28	Z_P14_E07	No Acondicionada	P14_E07	UTA31A_ESCALERA	n/a	n/a	n/a	n/a

Esquema de Principios Tabla de Propiedades								
Concepto a modificar: Generalidades								
	Zona	Tipo	Espacio	Subsistema secundario	Tipo termostato	Ancho de banda (°C)	Consigna Ref.	Cosigna Cal.
29	Z_P03_E04	Acondicionada	P03_E04	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
30	Z_P06_E04	Acondicionada	P06_E04	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
31	Z_P13_E14	No Acondicionada	P13_E14	UTA31A_ESCALERA	n/a	n/a	n/a	n/a
32	Z_P07_E02	Acondicionada	P07_E02	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
33	Z_P08_E02	Acondicionada	P08_E02	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
34	Z_P09_E09	Acondicionada	P09_E09	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
35	Z_P10_E16	Acondicionada	P10_E16	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
36	Z_P11_E23	Acondicionada	P11_E23	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
37	Z_P12_E02	Acondicionada	P12_E02	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
38	Z_P03_E07	No Acondicionada	P03_E07	UTA31A_ESCALERA	n/a	n/a	n/a	n/a
39	Z_P13_E09	Acondicionada	P13_E09	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
40	Z_P14_E02	Acondicionada	P14_E02	UTA31A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
41	Z_P01_E02	Acondicionada	P01_E02	UTA32A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
42	Z_P10_E19	No Acondicionada	P10_E19	UTA32A_ESCALERA	n/a	n/a	n/a	n/a
43	Z_P05_E02	No Acondicionada	P05_E02	UTA32A_ESCALERA	n/a	n/a	n/a	n/a
44	Z_P06_E05	No Acondicionada	P06_E05	UTA32A_ESCALERA	n/a	n/a	n/a	n/a
45	Z_P12_E07	No Acondicionada	P12_E07	UTA32A_ESCALERA	n/a	n/a	n/a	n/a
46	Z_P02_E04	Acondicionada	P02_E04	UTA32A_ESCALERA	Proporcional	4	anual siempre24	anual siempre22
73	Z_P01_E01	Acondicionada	P01_E01	TECHO_FRIO_1A	Todo/Nada	n/a	Siempre 25°C	Siempre 20°C

a)

No se incluyen las zonas 47 a 72 porque tienen las mismas propiedades que la zona 46. No se incluyen las zonas 74 a 96 porque tienen las mismas propiedades que la zona 73.

5. CALENER_GT

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades						
Concepto a modificar:		Caudales						
	Zona	Caudal diseño (m³/h)	Fracción Min. (ratio)	Metodo def. Aire Ext.	Caudal A.Ext. (m³/h)	Caudal/Pers. (m³/h)	Renov./hora	Existe vent. extrac.
1	Z_P06_E01	5.289	n/a	Caudal total	5.289	n/a	1,72	No
2	Z_P07_E03	5.289	n/a	Caudal total	5.289	n/a	1,72	No
3	Z_P08_E03	5.289	n/a	Caudal total	5.289	n/a	1,72	No
4	Z_P09_E10	5.289	n/a	Caudal total	5.289	n/a	1,72	No
5	Z_P10_E17	5.289	n/a	Caudal total	5.289	n/a	1,72	No
6	Z_P11_E22	5.289	n/a	Caudal total	5.289	n/a	1,77	No
7	Z_P12_E01	5.289	n/a	Caudal total	5.289	n/a	1,77	No
8	Z_P13_E08	5.289	n/a	Caudal total	5.289	n/a	1,81	No
9	Z_P14_E01	5.289	n/a	Caudal total	5.289	n/a	1,81	No
10	Z_P05_E01	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
11	Z_P01_E05	16.000	0,20	Caudal total	16.000	n/a	55,61	No
12	Z_P04_E01	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
13	Z_P01_E03	2.000	0,20	Caudal total	1.900	n/a	3,04	No
14	Z_P02_E03	2.000	0,20	Caudal total	1.900	n/a	1,52	No
15	Z_P01_E09	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
16	Z_P03_E03	5.200	0,20	Caudal total	2.224	n/a	3,01	No
17	Z_P03_E02	2.800	n/a	Caudal total	2.660	n/a	1,76	No
18	Z_P11_E28	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
19	Z_P03_E08	7.000	0,20	Caudal total	4.152	n/a	3,50	No
20	Z_P04_E02	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
21	Z_P09_E12	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
22	Z_P01_E06	12.200	0,20	Caudal total	10.858	n/a	8,82	No
23	Z_P02_E01	12.200	0,20	Caudal total	10.858	n/a	12,12	No
24	Z_P03_E10	12.200	0,20	Caudal total	10.858	n/a	12,19	No
25	Z_P01_E08	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	2,75	No
26	Z_P08_E05	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
27	Z_P02_E07	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,84	No
28	Z_P14_E07	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Esquema de Principios		Tabla de Propiedades						
Concepto a modificar:		Caudales						
	Zona	Caudal diseño (m³/h)	Fracción Min. (ratio)	Metodo def. Aire Ext.	Caudal A.Ext. (m³/h)	Caudal/Pers. (m³/h)	Renov./hora	Existe vent. extrac.
29	Z_P03_E04	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
30	Z_P06_E04	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
31	Z_P13_E14	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
32	Z_P07_E02	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
33	Z_P08_E02	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
34	Z_P09_E09	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
35	Z_P10_E16	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
36	Z_P11_E23	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
37	Z_P12_E02	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
38	Z_P03_E07	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
39	Z_P13_E09	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
40	Z_P14_E02	1.250	n/a	Caudal total	586	n/a	3,86	No
41	Z_P01_E02	1.225	n/a	Caudal total	575	n/a	3,66	No
42	Z_P10_E19	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
43	Z_P05_E02	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
44	Z_P06_E05	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
45	Z_P12_E07	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
46	Z_P02_E04	1.225	n/a	Caudal total	575	n/a	3,66	No
57	Z_P06_E02	5.333	n/a	Caudal total	5.333	n/a	1,75	No
73	Z_P01_E01	0	n/a	Caudal por perso	n/a	36,0	1,01	No

b)

No se incluyen las zonas 47 a 56 porque tienen las mismas propiedades que la zona 46. No se incluyen las zonas 58 a 72 porque tienen las mismas propiedades que la zona 57. No se incluyen las zonas 74 a 96 porque tienen las mismas propiedades que la zona 73.



c)

5. CALENER_GT

5.4 FORMULARIO DE EDICIÓN DE LOS ESPACIOS

Una vez que se han definido todos los subsistemas, es necesario revisar las propiedades de los espacios, pues muchas de ellas tendrán los valores por defecto del programa.

Para acceder al formulario de edición de los espacios se procede igual que en LIDER, se pulsa en “editar” en el desplegable que aparece al pulsar el botón derecho del ratón sobre el espacio a editar en el árbol de geometría.

5.4.1 PESTAÑA “DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA”

Los campos de mayor relevancia que conviene siempre revisar son el tipo de actividad (oficinas, residencial, comercio, hotel/hostal, restaurantes/bares, etc.), el tipo de espacio (acondicionado, no acondicionado o plenum) y el tipo de espacio según el HE-1 (baja carga interna o alta carga interna).

The screenshot shows the 'Espacios' window with the 'Descripción y geometría' tab selected. The 'Seleccionar Espacio:' dropdown is set to 'P01_E01'. The 'Nombre:' field is 'P01_E01'. The 'Tipo de actividad:' dropdown is 'Oficinas'. The 'Tipo de espacio:' dropdown is 'Acondicionado'. The 'Tipo de espacio (CTE-HE1):' dropdown is 'Alta carga interna'. The 'Multiplicador:' field is '1'. The 'Espacio solar:' dropdown is 'No'. The 'Geometría' section shows 'Polígono:' as 'P01_E01_Poligono001', 'Altura:' as '3,58 m', 'Área suelo:' as '79,36 m²', and 'Volumen:' as '284,11 m³'. The 'Coordenadas origen' section shows 'Localización:' as 'Misma que la planta', 'X:' as '0,00 m', 'Y:' as '0,00 m', 'Z:' as '0,00 m', and 'Azimut:' as '0,0 °'.

Figura 5.29 Formulario de descripción y geometría de una zona de Torre Espacio
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

5.4.2 PESTAÑA “OCUPACIÓN, EQUIPOS E INFILTRACIÓN”

En este formulario se introducen los datos relativos a las cargas internas del espacio. Estos valores son importantes puesto que los emplea el programa para calcular la carga térmica del edificio.

En el bloque “ocupación” se introduce una estimación del área en m² por persona y una estimación de la carga sensible y latente que aporta cada persona. Como valores de referencia para personas en reposo pueden tomarse los siguientes:

$$Q_{\text{sensible}} = 60 \text{ Kcal}/(\text{h} \cdot \text{persona}) = 70 \text{ W/persona}$$

$$Q_{\text{latente}} = 50 \text{ Kcal}/(\text{h} \cdot \text{persona}) = 60 \text{ W/persona}$$

El calor sensible es una forma de energía que se transmite al entorno. El calor latente es calor almacenado.

The screenshot shows the 'Espacios' window with the following data:

Ocupación	
Horario:	Ocupacion-Oficina
Área/Ocupante:	10,00 m²/persona
Q sensible/Ocupante:	77,82 W/persona
Q latente/Ocupante:	50,22 W/persona

Fuentes internas de calor (Equipos)	
Horario:	Iluminacion-Oficina
Potencia/Área:	30,00 W/m²
Fracción sensible:	1,00 ratio
Fracción latente:	0,00 ratio

Infiltraciones	
Horario:	Infiltracion-Oficina
Renovaciones/hr:	8,00 1/h

Figura 5.30 Formulario de ocupación, equipos e infiltración de una zona
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

En la parte "fuentes internas de calor" se introduce una estimación de la potencia por unidad de área de los equipos presentes en el inmueble (excluyendo las luminarias), indicándose la fracción que corresponde a carga latente.

5. CALENER_GT

5.4.3 PESTAÑA “ILUMINACIÓN ARTIFICIAL Y NATURAL”

Lo primero es introducir el horario de los equipos de iluminación, previamente definido en el árbol de componentes, necesario para calcular la potencia total.

En CALENER_GT sólo se puede especificar un tipo de iluminación artificial: luminarias de techo. En lo que a tipo de lámpara se refiere se tienen dos posibilidades: incandescentes o fluorescentes.

El valor de VEEI límite que ofrece el programa por defecto depende del tipo de actividad.

El último paso es definir el sistema de control de iluminación artificial en función de la iluminación natural, si lo hay. CALENER_GT permite elegir 3 tipos de control ^[13]:

Progresivo o continuo

Con este tipo de control, las fracciones de iluminación y de potencia eléctrica consumidas disminuyen linealmente hasta alcanzar los correspondientes valores mínimos, a medida que aumenta el nivel de luz natural.

La fracción de potencia eléctrica consumida representa el cociente de la potencia consumida entre la potencia máxima que se podría consumir. La fracción de iluminación representa, a su vez, la iluminación obtenida frente a la máxima que se podría obtener.

Progresivo/apagado o continuo/off

Es muy similar al anterior. La diferencia principal reside en que la iluminación artificial se apaga completamente cuando la iluminación natural excede el nivel de consigna fijado.

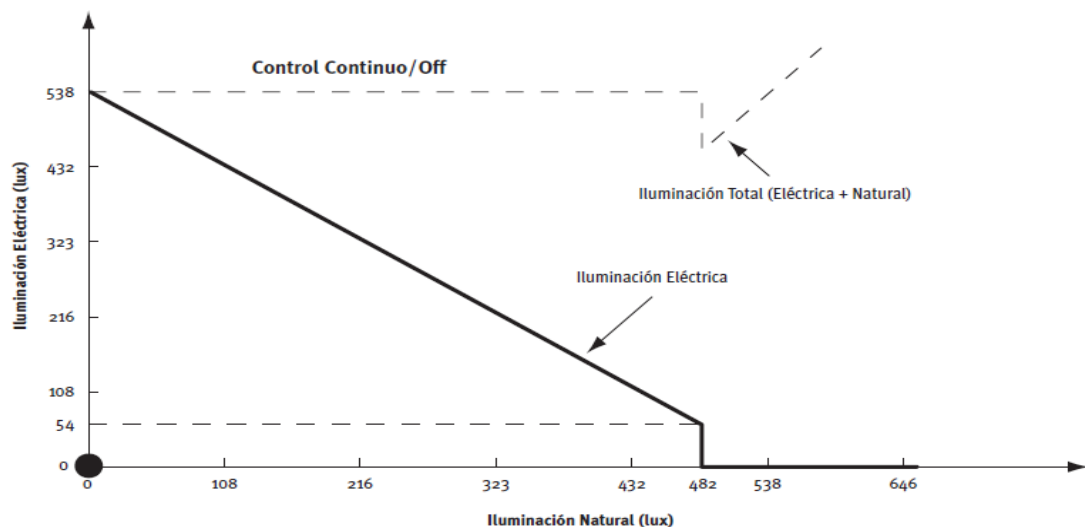


Figura 5.31 Tipo de control progresivo/apagado de la iluminación artificial^[13]

Por etapas o escalonado

Se establecen determinados niveles de iluminación artificial que cubren un rango de valores de iluminación natural.

A continuación se presenta el formulario de iluminación correspondiente a una zona de Torre Espacio de Madrid.

Selecciónar Espacio: P01_E01

Iluminación artificial

Horario: Iluminacion-Oficina

Potencia/Área: 20,00 W/m²

Tipo de luminaria: Fluorescente con Retorno

Valor de eficiencia energética (VEE1): 1,96 W/m²:100lux

Valor de eficiencia energética (VEE1) Límite: 3,50 W/m²:100lux

Iluminación artificial controlada por la natural

Existe control automático: Sí

Nº de puntos de referencia: 1

Puntos de referencia iluminación

	Fracción zona	Consigna iluminación	Tipo de control	Coordenadas relativas		
				X	Y	Z
Punto 1:	1,00	50	Progresivo/apagado	0,00	0,00	0,80
Punto 2:	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Fracción potencia mín.: 0,30 Frac. ilum. mín.: 0,20 Nº etapas control: n/a

Figura 5.32 Formulario de iluminación natural y artificial de zona de Torre Espacio
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

En CALENER_GT, para que exista control de la iluminación artificial en función de la natural, se debe seleccionar "sí" en el bloque "iluminación artificial controlada por la natural". Si se procede de esta manera el programa solicita el número de puntos de referencia o fotosensores. Se ha indicado un fotosensor. Las coordenadas del fotosensor deben suministrarse respecto al sistema de coordenadas del espacio e indicarse en el bloque "puntos de referencia iluminación". Se ha situado el fotosensor a la altura del plano de trabajo (0.8 m).

En este mismo bloque deben definirse las fracciones de potencia e iluminación eléctrica consumidas mínimas.

5. CALENER_GT

5.5 INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ^[13]

CALENER_GT basa la calificación energética del edificio en el cálculo previo de los indicadores de eficiencia energética. El programa calcula 6 indicadores de eficiencia energética basados en los siguientes conceptos: demanda de calefacción, demanda de refrigeración, emisiones de climatización, emisiones de agua caliente sanitaria (A.C.S.), emisiones de iluminación y emisiones totales.

La formulación matemática de cada uno de estos indicadores se puede expresar, en general, como:

$$\text{Indicador} = \frac{\text{Demanda} / \text{EmisionesCO2}_{\text{edificioobjeto}}}{\text{Demanda} / \text{EmisionesCO2}_{\text{edificioreferencia}}}$$

Si Indicador < 1, el edificio objeto es más eficiente que el edificio de referencia. Si Indicador > 1, el edificio objeto es menos eficiente que el edificio de referencia

¿Cómo se obtienen y de qué dependen la demanda y las emisiones de referencia?

A continuación se va a describir la formulación en la que se basa CALENER_GT para el cálculo de la demanda y de las emisiones, para el edificio de referencia, de cada uno de los conceptos anteriores.

5.5.1 DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

Para obtener las demandas de referencia de calefacción $D_{\text{calef,ref}}$ y refrigeración $D_{\text{refrig,ref}}$, el programa modifica, por un lado, la calidad constructiva de los cerramientos y ventanas del edificio objeto para que cumplan con la exigencia básica HE 1 del Código Técnico de la Edificación.

Por otro lado, el programa cambia el tipo de todos los sistemas secundarios definiéndolos como sistemas ideales. Con lo cual, se mantiene el mismo horario de funcionamiento, el mismo control termostático de las zonas y el mismo caudal de aire exterior (ventilación). Una vez realizados estos cambios, se obtiene la demanda como suma de la demanda de cada uno de los sistemas.

5.5.2 EMISIONES DE CLIMATIZACIÓN

$$E_{calef,ref} [Kg - CO_2] = D_{calef,ref} \cdot \frac{1}{\eta_{calef,ref}} \cdot c_{CO_2} [Kg - CO_2 / KWh]$$

$$E_{refrig,ref} [Kg - CO_2] = D_{refrig,ref} \cdot \frac{1}{\eta_{refrig,ref}} \cdot c_{CO_2} [Kg - CO_2 / KWh]$$

$D_{calef,ref}$ y $D_{refrig,ref}$ [KWh] son las demandas de referencia de calefacción y refrigeración

$\eta_{calef,ref}$ y $\eta_{refrig,ref}$ son los rendimientos medios estacionales de referencia de calefacción y refrigeración

c_{CO_2} [Kg CO₂/KWh] es el coeficiente de paso a emisiones primarias; lo voy a definir en el apartado 5.5.5

Para el cálculo se supone un rendimiento medio estacional para calefacción de 1,7 y para refrigeración de 0,7. El rendimiento es, en este caso, la relación entre la demanda y el consumo total de los equipos necesarios para suministrar calefacción o refrigeración. Como energías primarias en el edificio de referencia se toman la electricidad para la refrigeración y el gasóleo para la calefacción.

5.5.3 EMISIONES DE ACS

Se asume que el edificio de referencia tendrá la misma demanda de ACS que el edificio objeto.

Para obtener la demanda de referencia se suma la demanda de los circuitos hidráulicos que abastecen el servicio de agua caliente sanitaria y los de agua caliente utilizados para dar un servicio mixto.

La suma es la demanda total de agua caliente sanitaria en el edificio de referencia y para obtener las emisiones se aplica la misma fórmula que en el caso de las emisiones de climatización, pero aplicada al ACS.

$$E_{ACS,ref} [Kg - CO_2] = D_{ACS,ref} [KWh] \cdot \frac{1}{\eta_{ACS,ref}} \cdot c_{CO_2} [Kg - CO_2 / KWh]$$

5. CALENER_GT

5.5.4 EMISIONES DE ILUMINACIÓN

Las emisiones de referencia de iluminación se calculan según la siguiente expresión:

$$E_{ilum,ref} [Kg - CO_2] = C_{ilum,ref} \cdot c_{CO_2} [Kg - CO_2 / KWh]$$

$C_{ilum,ref}$ el consumo de referencia de iluminación en el edificio

El consumo de referencia de iluminación en el edificio se obtiene tal que así:

$$C_{ilum,ref} = \sum_{\text{espacios}} P_{ilum,ref} \cdot A \cdot t$$

$P_{ilum,ref} [W/m^2]$ es la potencia de referencia de iluminación instalada por unidad de área en cada espacio

$A [m^2]$ es el área total de los espacios iluminados

$t [h]$ es el tiempo de funcionamiento de las luminarias de cada espacio

El periodo de funcionamiento de la iluminación para cada espacio será el mismo en el edificio objeto y en el de referencia.

La potencia de referencia por unidad de área $P_{ilum,ref}$ se calcula considerando que el edificio objeto y el edificio de referencia tienen el mismo nivel lumínico, es decir, $E_{ilum}(lux) = E_{ilum,ref}(lux)$.

$$E_{ilum} = \frac{P_{ilum} \cdot 100}{VEEI} \quad (1)$$

$$E_{ilum,ref} = \frac{P_{ilum,ref} \cdot 100}{VEEI_{ref}} \quad (2)$$

De (1) y (2) resulta que $P_{ilum,ref} = P_{ilum} (VEEI_{ref}/VEEI)$

Es importante comentar que el valor de $VEEI_{ref}$ coincide con el valor límite que la exigencia básica HE 3 establece para el espacio en concreto.

También hay que considerar que el tipo de luminaria de referencia es “fluorescente no ventilada”. Además, los espacios del edificio de referencia no tendrán control automático de la iluminación artificial en función de la natural.



5.5.5 COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DE EMISIONES

Los coeficientes que emplea CALENER_GT para evaluar la energía primaria y las emisiones de CO₂ a partir de la energía consumida en el edificio forman parte de su base de datos y no se pueden modificar.

Tipo de energía	Coeficientes de paso a energía primaria (kWh/kWh)	Coeficientes de paso a emisiones (kg CO ₂ /kWh)
Carbón de uso doméstico	1,000	0,347
GLP	1,081	0,244
Gasóleo	1,081	0,287
Fueloil	1,081	0,28
Gas Natural	1,011	0,204
Biomasa y biocarburantes*	1,000	0,00
Electricidad	2,603 (peninsular) 3,347 (extra-peninsular)**	0,649 (peninsular) 0,981 (extra-peninsular)**

* Para la biomasa, el biogás y los biocarburantes, se considera un saldo neutro, realizando la hipótesis de que las emisiones de CO₂ en el proceso de combustión se compensan con la absorción de este gas durante la fase de crecimiento vegetal.

** Extra-peninsular: Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla.

Tabla 5.13 Coeficientes de conversión a energía primaria y de paso a emisiones de CO₂ ^[13]

En el caso de la electricidad, el coeficiente de paso a energía primaria es el inverso del rendimiento medio de la central térmica de producción eléctrica. Refleja el gasto de energía primaria en KWh_t (Kilovatios hora térmicos) que se necesita en la central térmica de producción para que se disponga en el edificio de una cierta energía en KWh_e (Kilovatios hora eléctricos).

Supóngase que el edificio tiene una demanda de X (KWh_e). Para obtener las emisiones asociadas a dicha demanda se debe realizar la operación:

$$E[\text{Kg} - \text{CO}_2] = X \cdot \frac{1}{\eta_{\text{central} - \text{térmica}}} \cdot c_{\text{CO}_2} [\text{Kg} - \text{CO}_2 / \text{KWh}]$$

5.5.6 CLASES DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El programa CALENER_GT, de acuerdo a lo establecido en el anexo II del Real Decreto 47/2007 asigna una calificación de eficiencia energética a cada uno de los conceptos mencionados; esta calificación va desde la letra A, que corresponde al edificio más eficiente, a la letra G, correspondiente al edificio menos eficiente. Esta asignación se realiza en función de un único indicador, que es el definido anteriormente:


$$\text{Indicador} = \frac{\text{Demanda} / \text{EmisionesCO}_2_{\text{edificioobjeto}}}{\text{Demanda} / \text{EmisionesCO}_2_{\text{edificioreferencia}}}$$

5. CALENER_GT

Los edificios de clase A son los más eficientes, con un ahorro mínimo de un 60% respecto al edificio de referencia (edificio que cumple con las especificaciones del CTE); le siguen los edificios de clase B con un ahorro mínimo de un 35% sobre el edificio de referencia.

La finalidad de la calificación es lograr que el edificio objeto tenga una demanda y unas emisiones que como mínimo cumplan con la normativa establecida, esto es, que la clase del edificio sea C o inferior. En los casos en que la calificación obtenida sea D o superior, se deben plantear mejoras sobre el aislamiento, sobre los sistemas de producción y distribución de energía, sobre la iluminación, etc. para lograr reducir las emisiones del edificio objeto.

5.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CALIFICACIÓN ^[12]

Para calificar el edificio se ejecuta la opción "Calificar" usando el botón .

CALENER_GT incluye una herramienta independiente para el análisis de los resultados obtenidos en la calificación de un edificio. El principal objetivo de esta herramienta es guiar las modificaciones a introducir para disminuir las emisiones de CO₂ asociadas al consumo energético.

La pantalla principal del programa de resultados contiene cuatro áreas visuales claramente diferenciadas:

- *Menú Principal*; es el elemento desde el que se accede a todas las funciones del programa: Archivos, Informes, Ver y Ayuda.
- *Barra de Herramientas o botones de acceso rápido*; sirve para acceder a las funciones más comunes de un modo directo
- *Árbol de Edificios*; muestra una lista donde se encuentran todos los informes disponibles de los edificios cargados en el programa. A través del botón rápido "Abrir" se cargan nuevos edificios a esta lista y mediante el botón rápido "Cerrar" se eliminan edificios de esta lista. Desde este árbol se puede acceder a los informes individuales del edificio, al informe comparativo entre edificios y a la pantalla de calificación de los mismos.
- *Área de Informes*; contiene todos los informes abiertos separados en distintas hojas. Estos informes pueden independizarse de este área y mostrarse como ventana independiente.

NOTA:

Los ficheros de los edificios con extensión (*.pd2) son los que contienen los resultados de la calificación.



Certificación energética de un edificio comercial

5.6.1 ETIQUETAS

Para ver la calificación energética en términos de emisiones totales de CO₂ asociadas a las instalaciones objeto, basta con seleccionar el edificio en el "Árbol de edificios" (los informes deben estar activos en el árbol de edificios) y elegir la opción del menú "Informes" denominada "Calificación".

La Torre Espacio de Madrid está dividida en cuatro partes pero se tiene que obtener la calificación del edificio entero. La calificación del edificio entero se obtiene dividiendo las emisiones totales del edificio objeto entre las totales del edificio de referencia. Las calificaciones energéticas obtenidas para cada parte y para el edificio completo se muestran en la siguiente tabla.

Parte del edificio	Emisiones anuales del edificio objeto (Kg CO ₂)	Emisiones anuales del edificio de referencia (Kg CO ₂)	Índice de emisiones de cada parte del edificio	Calificación obtenida por cada parte del edificio
Parte 1	3130676,5	7328462,97	0,43	B
Parte 2	1732719,0	4845710,15	0,36	A
Parte 3	1105197,03	3204957,89	0,34	A
Parte 4	1618653,99	4685995,35	0,35	A
Total	7587246,52	20065126,4	0,38	A

Tabla 5.14 Calificación energética de Torre Espacio

El resultado principal para Torre Espacio de Madrid muestra un índice total de emisiones de CO₂ de **0,38**, con el que se le otorga la **clase A** de eficiencia energética.

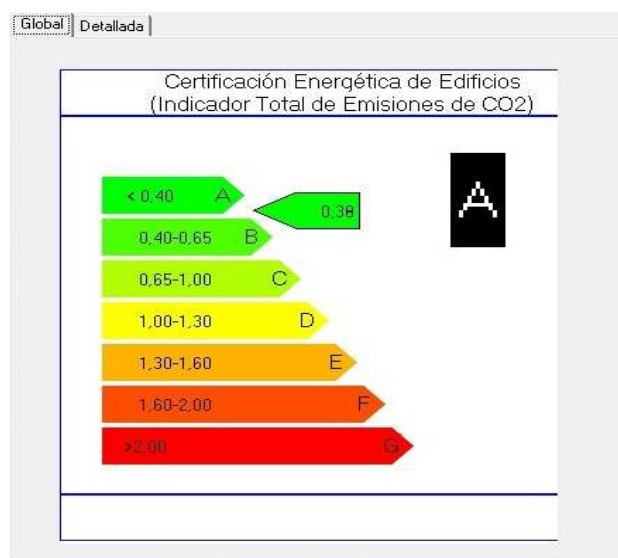


Figura 5.33 Calificación energética de Torre Espacio

5. CALENER_GT

[Salida del programa CALENER_GT]

Además, la figura 5.33 indica el hecho de que la eficiencia energética del edificio en conjunto está por debajo de la que tendría el mismo edificio si cumpliera con todas las exigencias del Código Técnico de la Edificación (incluidas las del RITE), es decir, clase C.

La calificación obtenida, desglosada para cada uno de los conceptos que tiene en cuenta el programa, permite un análisis un poco más detallado de la eficiencia de los consumos del edificio. No se ha obtenido esta calificación desglosada para el edificio entero pero se tiene para cada parte del inmueble. La calificación desglosada para la parte P1 de Torre Espacio de Madrid es la siguiente:

Global

Detallada

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS					
Indicadores		OBJ	REF	IND	CAL
Demanda Calefacción:	(kWh/m ²)	505,3	250,5	2,02	G
Demanda Refrigeración:	(kWh/m ²)	196,2	272,5	0,72	C
Climatización:	(Tn CO ₂ /m ²)	87,5	169,9	0,51	B
Agua Caliente Sanitaria:	(Tn CO ₂ /m ²)	9,4	8,9	1,06	D
Iluminación:	(Tn CO ₂ /m ²)	31,7	122,1	0,26	A
Total:	(Tn CO ₂ /m ²)	128,5	300,8	0,43	B

OBJ: Edificio objeto de calificación.

REF: Valores para el edificio de referencia para la comparación.

IND: Valor del indicador.

CAL: Letra asignada al indicador para su calificación.

Tabla 5.15 Calificación energética de Torre Espacio P1 desglosada
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Un primer análisis de los indicadores de eficiencia energética de la parte P1 indica el hecho de que la peor calificación que se ha obtenido es la de demanda de calefacción. El indicador es 2,02, que corresponde a una clase G, muy por encima de lo permitido por la normativa. Otro concepto que se debe mejorar son las emisiones del agua caliente sanitaria, pues su indicador es 1.06 que corresponde a una clase D. En cuanto a emisiones de iluminación, el edificio puede mejorar muy poco su calificación ya que ésta es A.

5.6.2 INFORMES MENSUALES

La herramienta de resultados del programa permite obtener multitud de datos y gráficos que ayudan a caracterizar el edificio desde el punto de vista energético. Las tablas muestran los valores exactos, pero las gráficas aclaran mejor la evolución del consumo a lo largo del año.

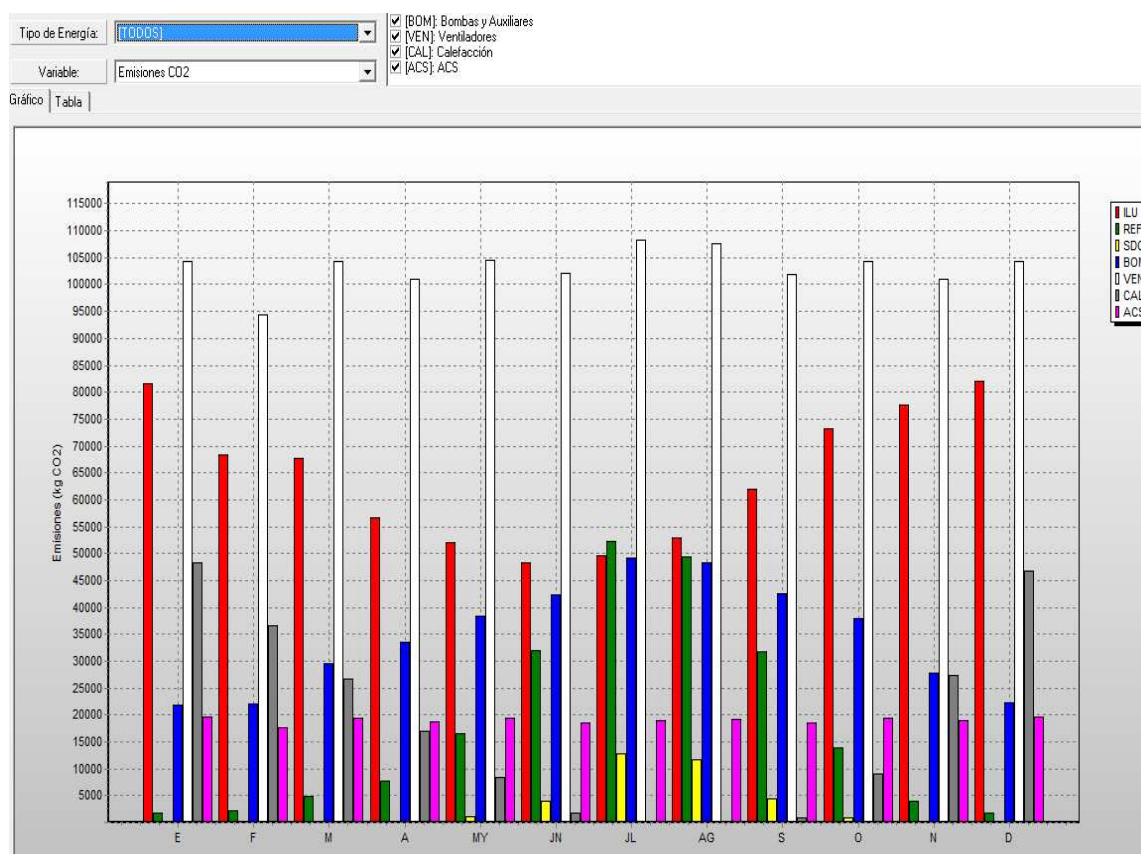
Para generar un gráfico con la evolución a lo largo del año, en el desplegable “tipo de energía” se elige la fuente de energía que se quiere considerar. Se ofrecen 8 posibilidades: electricidad, gas natural, gasóleo, fuel-oil, carbón, GLP, biomasa y todos.

En el desplegable “variable” se selecciona el concepto que se quiere representar en el eje de ordenadas. Las posibilidades son tres: emisiones de CO₂ en Kg_CO₂, energía primaria en KWh_t y energía final en KWh_e.

Por último se marcan las distintas series de datos que se quieren representar, seleccionado los consumos que aparecen en la parte derecha arriba: ILU (iluminación ≡ color rojo), REF (refrigeración ≡ color verde), SDC (sistema de condensación ≡ color amarillo), BOM (bombas y auxiliares ≡ color azul), VENT (ventiladores ≡ color blanco), CAL (calefacción ≡ color gris) y ACS (agua caliente sanitaria ≡ color rosa).

Para realizar una primera valoración de las emisiones se selecciona como tipo de energía “todos” y como variable “emisiones de CO₂”. Se marcan todos los consumos posibles para el edificio. El gráfico resultante se muestra a continuación:

5. CALENER_GT

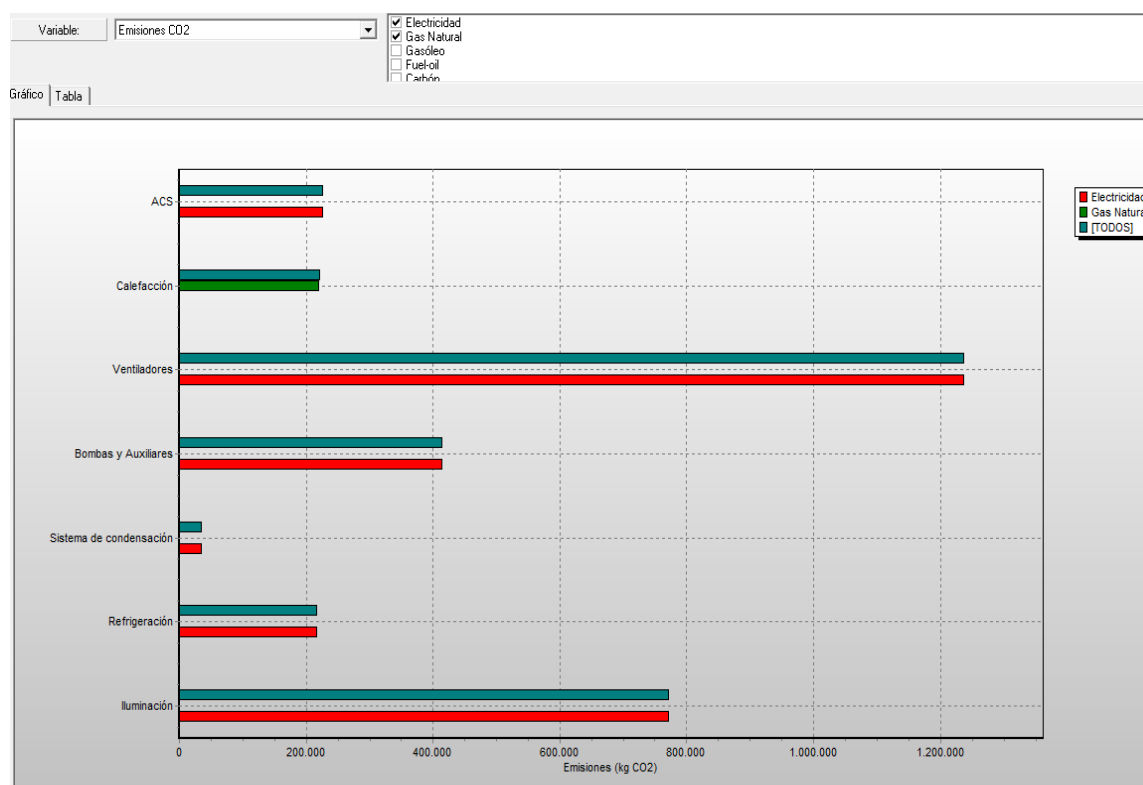


Gráfica 5.1 Emisiones de CO₂ de Torre Espacio parte P1 en Kg de CO₂
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Como se aprecia en la gráfica 5.1, un segundo análisis más profundo muestra que las mayores emisiones se deben a los sistemas de ventilación (color blanco), a los sistemas iluminación (color rojo) y a los sistemas de bombeo y equipos auxiliares (color azul). Resulta sorprendente el elevado consumo de los ventiladores de los sistemas de distribución de aire.

5.6.3 INFORMES ANUALES

En el gráfico de emisiones anuales, se resume la información anterior.



Gráfica 5.2 Emisiones anuales de CO₂ de Torre Espacio parte P1 en Kg de CO₂
[Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

En el lado derecho de la gráfica aparecen las fuentes de energía que se emplean en el edificio (Gas natural, etc.). Excluyendo en la calefacción, la barra azul coincide con la roja para todos los equipos, lo que indica que sólo emplean electricidad para funcionar.

Como ya se había concluido después de ver la gráfica 5.1, los ventiladores son los que mayores emisiones de CO₂ producen y después la iluminación.

A continuación se presentan los resultados tabulados del gráfico anterior.

5. CALENER_GT

Gráfico	Tabla		
Emisiones (kg CO ₂)			
	Electricidad	Gas Natural	[TODOS]
Iluminación	772018,2	0,0	772018,3
Refrigeración	218559,4	0,0	218559,4
Sistema de condensación	35324,1	0,0	35324,1
Bombas y Auxiliares	415669,0	0,0	415668,9
Ventiladores	1238095,4	0,0	1238095,3
Calefacción	2064,5	221042,4	223106,9
ACS	227903,4	0,0	227903,4
TOTAL	2909634,0	221042,4	3130676,5

Tabla 5.16 Emisiones anuales de CO₂ de Torre Espacio parte P1 en Kg de CO₂

Los resultados muestran que las emisiones totales de la parte P1 son de **3130,68 Toneladas de CO₂ por año** que se reparten de la siguiente manera:

- Iluminación (25.0%)

Esto NO concuerda con lo que dice la Guía Técnica del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía, que informa que 50% del consumo en oficinas se debe a iluminación.

- Refrigeración (7.0%)
- Sistemas de condensación (1.0%)
- Bombas y equipos auxiliares (13.3%)
- Ventiladores (39.5%)
- Calefacción (7.2%)
- ACS (7.0%)

El informe LIDER dice que se contamina ≈ 8 veces más por el consumo energético en refrigeración que en calefacción en el edificio Torre Espacio de Madrid. Sin embargo, la tabla anterior, obtenida de CALENER_GT para la parte P1, muestra que el consumo es menor, un $[1-(218559,4/227309,4)]=0,2\%$, en refrigeración. Esto se debe a los horarios de funcionamiento y el tipo de control de la calefacción y la refrigeración.

NOTA:

Para realizar un análisis igual que el realizado para la parte P1, se debe proceder de la misma forma. Las conclusiones obtenidas puede que no sean las mismas.

Los informes de la calificación obtenida para cada parte del edificio se muestra en el ANEXO II. En dichos informes se resumen todos los datos incluidos en la definición de los sistemas y equipos, así como los datos para la definición geométrica y constructiva del edificio.



5.7 EFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS SOBRE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

5.7.1 MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

5.7.1.1 ¿Cómo se puede mejorar esta eficiencia?

Para actuar sobre la eficiencia energética de la instalación de iluminación se debe modificar el valor de eficiencia energética de dicha instalación (VEEI).

$$VEEI = \frac{P_{ilum} \cdot 100}{E_m} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot 100\text{lux})]$$

Donde

P_{ilum} la potencia total (lámparas + equipo auxiliares) por unidad de área [W/m^2];
 E_m la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

NOTA:

Si VEEI es un valor alto se requiere mucha potencia por unidad de área para alcanzar el nivel lumínico propuesto, así que cuanto menor sea el VEEI, más eficiente será la instalación de iluminación.

Dado que el objetivo fundamental es reducir el consumo en iluminación, se opta por mantener el valor de la iluminancia media mantenida en todos los espacios, que es de 500lux, disminuyendo la potencia por unidad de área de las luminarias.

Además, interesa conocer qué efecto tiene una reducción del VEEI sobre la calificación global y sobre cada uno de los conceptos evaluados en el edificio.

NOTA:

En este apartado 5.7.1 se va a intentar mejorar el VEEI, por ejemplo, de la parte P1 (14 primeras plantas) de Torre Espacio Madrid. El resto del edificio tienen las plantas geoméricamente parecidas a esta parte, por lo que la mejora del VEEI de la iluminación se haría de la misma manera.

5. CALENER_GT

5.7.1.2 Conceptos importantes en la iluminación^[16]

Algunos conceptos a tener en cuenta en la iluminación son:

Iluminancia y uniformidad

Estos dos criterios son determinantes en las oficinas. La iluminancia necesaria se ha determinado en función de la agudeza visual necesaria para leer o escribir. La uniformidad influye directamente sobre el confort y fatiga de la vista.

Deslumbramiento

El deslumbramiento es la sensación molesta que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno. Pueden producirse deslumbramiento de dos formas. La primera es mirar directamente a las fuentes de luz y la segunda es por observación indirecta o reflejada de las fuentes de luz sobre una superficie (mesa, ordenador, etc.).

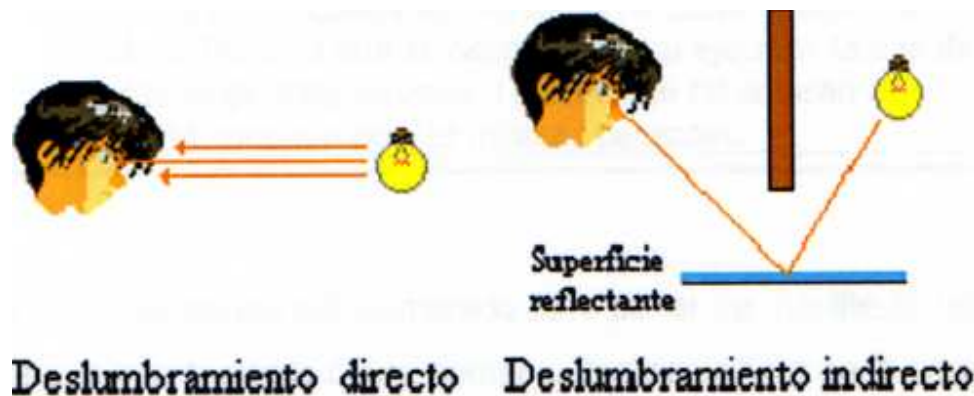


Figura 5.34 Tipos de deslumbramiento^[16]

Tanto la distribución como las fuentes de luz utilizadas deben garantizar la ausencia de deslumbramiento. Las fuentes de luz utilizadas son:

- La luz natural

Para evitar que deslumbre se utilizan vidrios colorados, rejillas, cortinas, etc.

- La luz artificial proporcionada por las luminarias

Para evitar que deslumbren, las luminarias llevan incorporadas rejillas o pantallas o se recubren de colores mate.

En oficinas el índice de deslumbramiento unificado (UGR) debe estar alrededor de 19.

Rendimiento en color de las lámparas

El rendimiento en color de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores. Se mide con el Índice de Rendimiento del Color (IRC). Se pueden considerar adecuadas, en general, las fuentes de luz con un IRC entre 70 y 85.

Sistemas de alumbrado

Cuando una lámpara se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos de la sala directamente o indirectamente por reflexión en paredes y techo. La cantidad de luz que llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes.

En la *iluminación semidirecta* la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto es reflejado en techo y paredes. En este caso, las sombras son más suaves y el deslumbramiento menor que el anterior. Solo es recomendable para techos que no sean muy altos y sin claraboyas puesto que la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas.

Por último tenemos el caso de la *iluminación indirecta* cuando casi toda la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible utilizar pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas (blanco mate).

Principales sistemas de iluminación

El *alumbrado general*, que es el más utilizado, se consigue colocando los luminarias en el techo (adosadas o empotradas) uniformemente distribuidas en cantidad suficiente para alcanzar, sobre el plano del trabajo, el nivel de iluminancia requerido por la tarea. Con esta disposición cualquier lugar de la sala puede utilizarse como área de utilidad permitiendo una total flexibilidad en la utilización de los espacios, obteniendo buenos resultados y siendo una opción muy recomendable.



Figura 5.35 Alumbrado general en una instalación interior^[16]

5. CALENER_GT

Tipos de luminarias

En las oficinas, para mejorar la visibilidad y reducir la fatiga de los usuarios de los ordenadores, se pueden seleccionar luminarias que permiten la iluminación semidirecta o indirecta, aunque se reduzca el rendimiento energético de la instalación.

Depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento

El paso del tiempo provoca sobre las instalaciones de alumbrado una disminución progresiva en los niveles de iluminancia. Por un lado por el ensuciamiento de las lámparas, luminarias y superficies donde se va depositando el polvo. Y por otro lado por la depreciación del flujo de las lámparas. Para solucionar este segundo factor se sustituyen las lámparas, según una estimación de vida útil, antes de que fallen.

5.7.1.3 Cálculo de instalaciones de alumbrado

El cálculo de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores es bastante sencillo. A menudo bastará con obtener el valor medio del alumbrado general usando el método de los lúmenes. Aquí se va a explicar exclusivamente del método de los lúmenes que es el que emplea el software DIALUX usado en este proyecto.

Los programas de cálculo están basados en las características propias de las luminarias del fabricante en cuestión. Sin embargo el programa de cálculo Dialux permite utilizar luminarias de otros fabricantes. Para ello hay que seguir los siguientes pasos:

- se descarga el software desde la world wide web "www.dial.de" y se inicia el asistente de iluminación Dialux Light

- se presiona la tecla F1 para acceder al menú "Ayuda" en el que se va a explicar que hacer para descargar los plugin de las luminarias de los fabricantes no propietarios del software

En este apartado 5.7.1.3 se va a hacer un cálculo lumínico para una planta rectangular representativa de las plantas del edificio. Para hacer el estudio de sensibilidad de la iluminación, las luminarias que se van a considerar deben ser muy parecidas a las usadas normalmente y que son las siguientes:

- Luminaria para 4 lámparas fluorescentes de 16 W (luminaria con medidas 600 x 600 mm)
- Luminaria para 3 lámparas fluorescentes de 18 W (luminaria con medidas 600 x 600 mm)
- Luminaria para 2 lámparas fluorescentes de 36 W (luminaria de medidas 1200 x 600 mm)

También se van a considerar las novedosas luminarias para LED.

Los resultados obtenidos permitirán calcular: P_{ilum} [W/m²] para cada tipo de luminaria y a partir de P_{ilum} se obtiene el valor de eficiencia energética (VEEI) de la instalación de iluminación, que es el valor a introducir en CALENER_GT para hacer el estudio de sensibilidad de la iluminación.



5.7.1.3.1 Programa DIALUX

Cuando se arranca el programa, la primera ventana que aparece es la siguiente:

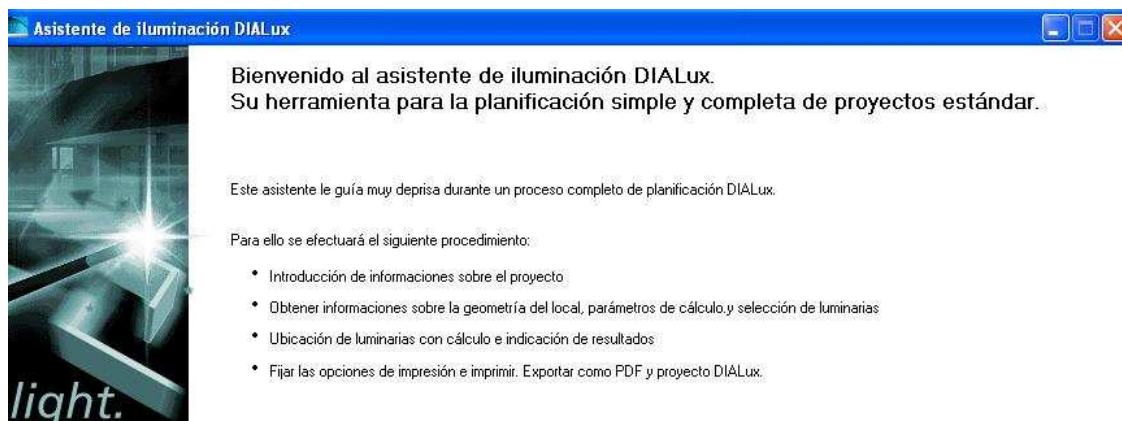


Figura 5.36 Ventana inicio del programa DIALUX [Pantalla impresa del programa]

Lo primero es crear un proyecto nuevo. Para ello se hace clic en la tecla “*Siguiente*”, que aunque no se observe, sí figura en la ventana de inicio en la parte inferior derecha. A partir de este momento ya se empieza a aplicar el método de los lúmenes.

1.1 Datos previos al cálculo de la instalación de alumbrado

Ventana "Informaciones del proyecto"

En esta segunda ventana del asistente de iluminación se ofrecen datos sobre el proyecto (nombres del proyecto y del espacio estudiados, persona que elabora el proyecto).

Figura 5.37 Ventana "Informaciones del proyecto" del programa DIALUX [Pantalla impresa del programa]

5. CALENER_GT

Ventana "Entrada de datos"

Para introducir los datos de la habitación objeto de estudio (el espacio rectangular representativo) se hace clic en la tecla "Siguiente" con lo que aparecerá la tercera ventana del programa llamada "Entrada de datos", donde se van a seleccionar las medidas del local, las luminarias y los parámetros del cálculo.

Entrada de datos
Escriba aquí todos los valores necesarios para el local y seleccione su luminaria y el tipo de montaje.

Geometría del local

Longitud (a): 41.640 m
Anchura (b): 41.610 m
Altura: 3.500 m
☐ Utilizar local en L
c: 2.700 m
d: 1.800 m

Grado de reflexión

Techo: 70 % Techo estándar
Paredes: 50 % Pared estándar
Suelo: 30 % Definido por el usuario

Parámetros del local

Valores de referencia: Ejemplo de empleo
Factor de degradación: 0.80

Selección de luminarias

Luminaria: SSL LuxSpace BBS490 1xDLED-COMPACT
Catálogos
Seleccione aquí el equipamiento: SSL
Emisión de luz 1
Lámparas: DLED-COMPACT/4000
Modifique aquí el flujo luminoso predeterminado para la luminaria:
Flujo luminoso de la lámpara: 2260 lm

Montaje de luminarias

Tipo de montaje: Empotrado
Modifique la altura de montaje mediante uno de los parámetros siguientes:
Longitud de suspensión: 0.000 m
Altura del punto de luz: 2.699 m
Altura de montaje: 3.500 m
Dimensiones (L x B x H): 0.175 x 0.175 x 0.001 m

Plano útil

Altura: 0.800 m
Zona marginal: 0.000 m

Figura 5.38 Ventana "Entrada de datos" del programa DIALUX
[Pantalla impresa del programa]

En el apartado "Geometría del local" se definen las medidas del local (largo, ancho y altura entre falso suelo y falso techo).

En el apartado "Grado de reflexión" se definen las reflectancias de las paredes del local. Por defecto el programa ofrece los valores de 0.7 para el techo, 0.5 para las paredes y 0.2 para el suelo.

El color del techo, paredes y suelo viene muy influenciado por las cualidades cromáticas de la fuente de luz utilizada, aparte de las razones estéticas.

En las áreas de actividad se recomiendan tonalidades neutras (medias o claras), ya que éstas tienen un cierto carácter estimulante, reservándose el blanco para los techos.

Los valores de las reflectancias utilizadas son las marcadas en la siguiente tabla:

Certificación energética de un edificio comercial

Superficie	Color	Grado de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1

Tabla 5.17 Factor de reflexión del continente de una sala en función del color aplicado

En los apartados "Parámetros del local" y "Plano útil" se van a establecer varios datos:

- Coeficiente de depreciación (dejo el predeterminado, 0.8)
- Altura del plano de trabajo (0.8 m, ya que la iluminancia objetivo es de 500 lux a 0,8 metros del suelo). Por defecto el programa marca una altura de 0.85 m.

El apartado "Selección de luminarias" sirve para introducir las luminarias que se van a utilizar en la sala. Se permite insertar luminarias o cambiarlas si no ofrecen los resultados buscados. Al pulsar el botón etiquetado "*Catálogo*" aparecerá un menú contextual que deja elegir entre utilizar luminarias desde la base de datos o activar los plugin de las luminarias de otros fabricantes para insertarlas desde Catálogos Dialux.

Una vez seleccionada la luminaria que se desea, se pulsa el botón "OK/Aceptar" con lo que se vuelve a la ventana del programa llamada "*Entrada de datos*".

Las luminarias que se han utilizado en el estudio de sensibilidad de la iluminación son:

- Luminaria fluorescente 4x14 W 600x600 mm
- Luminaria fluorescente 3x18 W 600x600 mm
- Luminaria fluorescente 2x36 W 600x600 mm
- Luminaria LED 1x33.5 W 163x134 mm

NOTA:

Los datos completos de cada luminaria aparecen en el ANEXO III.

En el apartado "Montaje de luminarias" hay que seleccionar montaje empotrado.

5. CALENER_GT

Ventana "Cálculos y resultados"

Para ubicar las luminarias que forman la instalación de iluminación y realizar el cálculo para obtener los resultados lumínicos se va a la ventana del programa llamada "Cálculos y resultados".

Para saber cuántas luminarias se requieren para conseguir el nivel de iluminancia (luxes) requerido, se puede utilizar la herramienta de **cálculo aproximado** "Propuesta" del apartado "Parámetros de cálculo" de esta ventana. Al pulsar este botón el programa mostrará el número de luminarias necesarias y su colocación en los apartados "Disposición horizontal y "Disposición vertical".

Normalmente el número de luminarias calculado por el programa es bastante superior al número real de luminarias que necesita la estancia. Por ejemplo, para la luminaria LED 1x33.5 W 163x134 mm, según el cálculo aproximado iba a necesitar 22x23 (506) luminarias para iluminar el espacio cumpliendo los requerimientos de iluminancia. Después de varios cálculos con esta luminaria llegué a la solución final 425 luminarias (18x15).

En el apartado "Líneas isolux" de esta misma ventana se puede seleccionar que líneas isolux pueden aparecer en los resultados de iluminancia sobre el plano de trabajo.

1.2 Cálculo de la instalación de iluminación

La ventana "Cálculos y resultados" es también desde donde se calcula el resultado final de nuestra iluminación. El botón que lo permite está localizado en la parte más baja, a la derecha de la pantalla.

1.3 Impresión de los resultados

Debido a las muchas posibilidades que hay para presentar los resultados de cálculo obtenidos, hay una herramienta para facilitar la selección.

Ventana "Entregar resultados"

La selección de un informe en la ventana "Entregar resultados" se usa para definir un esquema de salida apropiado. En el apartado "Seleccionar outputs" se sitúa el cursor sobre la casilla correspondiente al informe deseado y se hace clic. Para eliminar un informe marcado se procede de la misma forma.

En el apartado "Hoja de datos de luminarias" se selecciona, entre las opciones posibles, los datos de la luminaria que se piensa que son tan relevantes para que aparezcan en las hojas de resultados.



Certificación energética de un edificio comercial

Una vez realizada la selección, se hace clic en el botón etiquetado "*Vista previa de impresión*" para visualizar la salida de impresión y modificarla si no parece la adecuada.

Si la vista de impresión coincide con lo que se quiere como salida del programa se cierra la vista de impresión para volver a la ventana "*Entregar resultados*" y pulsar el botón etiquetado "Output como archivo pdf." para imprimir los resultados en pdf.

RECORDAR:

Lo que interesa en este apartado es obtener, de los informes Dialux, el valor de la iluminancia media horizontal mantenida E_m (lux) sobre el plano de trabajo, la potencia instalada por m^2 P_{lum} (W/m^2) y el nivel de deslumbramiento dado por el índice UGR.

Del informe "Resumen" se pueden obtener los valores mínimos, medios (E_m (lux)) y máximos de iluminancia calculados, así como datos relativos a la uniformidad. Es decir, ya se tendría el valor de E_m (lux).

Dentro del informe "Hoja de datos de la luminarias" hay una tabla donde se encuentra el valor del nivel de deslumbramiento, dado por el índice de deslumbramiento unificado UGR. Como las medidas del local son:

- altura $\equiv H$ (3.5 m.)
- largo (41.64 m.) $\approx 12H$
- ancho (41.61 m.) $\approx 12H$,

hay que fijarse en la última fila de la tabla con los valores del índice UGR, para un observador (persona) mirando longitudinalmente al eje de la luminaria.

Como la reflexión del techo es $\rho = 0.7 = 70\%$, de las paredes ($\rho = 50\%$) y del suelo ($\rho = 30\%$), hay que fijarse en la primera columna para un observador (persona) mirando longitudinalmente al eje de la luminaria.

Hay que recordar que, en oficinas, el índice UGR debe estar alrededor de 19.

En la siguiente tabla se muestra el valor del índice de deslumbramiento unificado UGR para la instalación de alumbrado con luminarias de 2x36 W. El valor del índice UGR para el resto de luminarias se encuentran en el ANEXO V.

5. CALENER_GT

Valoración de deslumbramiento según UGR											
o Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
o Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
o Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	17.0	18.0	17.3	18.2	18.4	19.7	20.6	19.9	20.9	21.1
	3H	16.9	17.8	17.2	18.0	18.3	19.5	20.4	19.8	20.7	20.9
	4H	16.8	17.6	17.1	17.9	18.2	19.5	20.3	19.8	20.5	20.8
	6H	16.7	17.5	17.1	17.8	18.1	19.4	20.1	19.7	20.4	20.7
	8H	16.7	17.4	17.1	17.7	18.0	19.4	20.1	19.7	20.4	20.7
	12H	16.7	17.3	17.0	17.7	18.0	19.3	20.0	19.7	20.3	20.6
4H	2H	17.1	17.9	17.4	18.2	18.5	19.5	20.3	19.8	20.6	20.9
	3H	17.0	17.6	17.3	18.0	18.3	19.4	20.1	19.8	20.4	20.7
	4H	16.9	17.5	17.3	17.8	18.2	19.3	19.9	19.7	20.2	20.6
	6H	16.8	17.3	17.2	17.7	18.1	19.3	19.8	19.7	20.1	20.5
	8H	16.8	17.2	17.2	17.6	18.0	19.2	19.7	19.6	20.1	20.5
	12H	16.8	17.2	17.2	17.6	18.0	19.2	19.6	19.6	20.0	20.4
8H	4H	16.8	17.2	17.2	17.6	18.0	19.2	19.7	19.6	20.1	20.5
	6H	16.7	17.1	17.2	17.5	17.9	19.1	19.5	19.6	19.9	20.4
	8H	16.7	17.0	17.1	17.4	17.9	19.1	19.4	19.6	19.9	20.3
	12H	16.6	16.9	17.1	17.4	17.9	19.0	19.3	19.5	19.8	20.3
12H	4H	16.8	17.2	17.2	17.6	18.0	19.2	19.6	19.6	20.0	20.4
	6H	16.7	17.0	17.1	17.4	17.9	19.1	19.4	19.6	19.9	20.3
	8H	16.6	16.9	17.1	17.4	17.9	19.0	19.3	19.5	19.8	20.3

Tabla 5.18 Índice UGR de la iluminación con luminarias fluorescentes de 2x36W
[Salida del programa DIALUX]

5.7.1.3.2 Obtención del valor de eficiencia energética VEEI

Todos los datos necesarios para realizar los cálculos de este apartado se encuentran en el ANEXO V.

Instalación con luminarias fluorescentes 4x14 W 600x600 mm

Según el cálculo aproximado se van a necesitar 288 (18x16) luminarias para iluminar el espacio cumpliendo los requerimientos de iluminancia. Después de varios cálculos con esta luminaria se ha llegado a la solución final 240 luminarias (15x16). En cada luminaria hay 4 conjuntos lámpara + equipo auxiliar que consumen 63W.

Se recuerda que las dimensiones de la sala son 41.64·41.61 m². El valor de la iluminancia media mantenida horizontal E_{ilum} obtenida con esta instalación es 505 lux. Por lo tanto, P_{ilum} (potencia eléctrica total por unidad de área) es igual a:

$$P_{ilum} = [240 \cdot 63]W / (41.64m \cdot 41.61m) = 8.73W / m^2$$

El valor de eficiencia energética VEEI se obtiene con la siguiente fórmula:

$$VEEI = \frac{8.73 \cdot 100}{505} = 1.73 [W/(m^2 \cdot 100lux)]$$



Instalación con luminarias fluorescentes 3x18 W 600x600 mm

Según el cálculo aproximado se van a necesitar 380 luminarias para iluminar el espacio cumpliendo los requerimientos de iluminancia. Después de varios cálculos con esta luminaria se ha llegado a la solución final 324 luminarias (18x18). En cada luminaria hay 3 conjuntos lámpara + equipo auxiliar que consumen 52.5W.

El valor de la iluminancia media mantenida horizontal E_{ilum} obtenida con esta instalación es 503 lux. Por lo tanto, P_{ilum} (potencia eléctrica total por unidad de área) es igual a:

$$P_{ilum} = [324 \cdot 52.5]W / (41.64m \cdot 41.61m) = 9.82W / m^2$$

y VEEI vale:

$$VEEI = \frac{9.82 \cdot 100}{503} = 1.95 [W/(m^2 \cdot 100lux)]$$

Instalación con luminarias fluorescentes 2x36 W 600x600 mm

Según el cálculo aproximado se van a necesitar 288 (18x16) luminarias para iluminar el espacio cumpliendo los requerimientos de iluminancia. Después de varios cálculos con esta luminaria se ha llegado a la solución final 240 luminarias (16x15). En cada luminaria hay 2 conjuntos lámpara + equipo auxiliar que consumen 70 W.

El valor de la iluminancia media mantenida horizontal E_{ilum} obtenida con esta instalación es 509 lux. Por lo tanto, P_{ilum} (potencia eléctrica total por unidad de área) es igual a:

$$P_{ilum} = [240 \cdot 70]W / (41.64m \cdot 41.61m) = 9.70W / m^2$$

y VEEI vale:

$$VEEI = \frac{9.70 \cdot 100}{509} = 1.90 [W/(m^2 \cdot 100lux)]$$

5. CALENER_GT

Instalación con luminarias LED 1x33.5 W 163x134 mm

Según el cálculo aproximado se van a necesitar 22x23 (506) luminarias para iluminar el espacio cumpliendo los requerimientos de iluminancia. Después de varios cálculos con esta luminaria se ha llegado a la solución final 425 luminarias (17x25). En cada luminaria hay 1 conjunto lámpara + equipo auxiliar que consumen 33.5 W.

El valor de la iluminancia media mantenida horizontal E_{ilum} obtenida con esta instalación es 506 lux. Por lo tanto, P_{ilum} (potencia eléctrica total por unidad de área) es igual a:

$$P_{ilum} = [425 \cdot 33.5] W / (41.64 m \cdot 41.61 m) = 8.22 W / m^2$$

y VEEI vale:

$$VEEI = \frac{8.22 \cdot 100}{506} = 1.62 [W/(m^2 \cdot 100 lux)]$$

5.7.1.3.3 Variación de los indicadores anuales según VEEI

Como ya se ha dicho en el apartado 5.7.1.1, para aumentar la eficiencia de la luminaria (disminuir VEEI) se opta por mantener $E_{ilum} \approx$ constante y disminuir P_{ilum} . En este proyecto se ha disminuido el VEEI desde 1,96 hasta $VEEI = 1,62$. Es decir, se ha partido desde los 20.00 W/m² iniciales hasta los 8.22 W/m² que corresponden a un VEEI de 1,62. **Se van a ordenar las instalaciones de iluminación en orden decreciente de VEEI en la siguiente tabla.**

$P_{ilum} [W/m^2]$	$E_m [lux]$	$VEEI [W/(m^2 \cdot 100 lux)]$	Instalación de iluminación
20,00	500	1,96	Fluorescente inicial
9,82	503	1,95	Fluorescente 3x 18 W
9,70	509	1,90	Fluorescente 2x 36 W
8,73	505	1,73	Fluorescente 4x 14 W
8,22	506	1,62	LED 1x 35 W

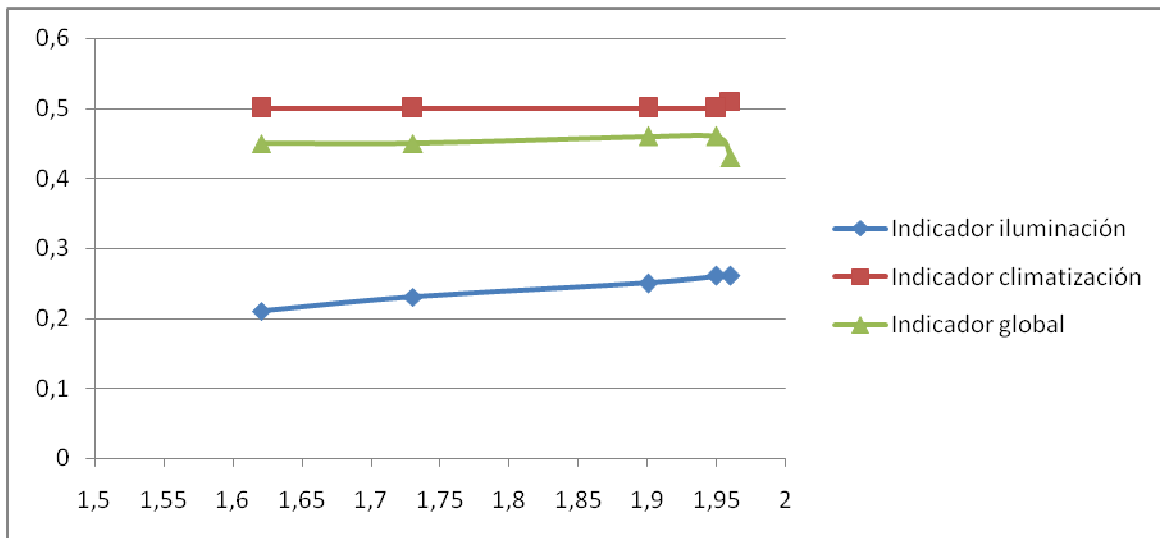
Tabla 5.19 Variación del VEEI con el tipo de luminaria

Introduciendo los valores de VEEI y P_{ilum} de cada instalación de iluminación en CALENER_GT se obtienen los indicadores anuales de eficiencia energética. Los indicadores obtenidos para la parte P1 de Torre Espacio de Madrid se pueden ver en el ANEXO IV y se resumen en las siguientes tablas:

Indicador iluminación	Indicador climatización	Indicador global	VEEI [W/(m ² *100 lux)]	Instalación de iluminación
0,26	0,51	0,43	1,96	Fluorescente inicial
0,26	0,50	0,46	1,95	Fluorescente 3x 18 W
0,25	0,50	0,46	1,90	Fluorescente 2x 36 W
0,23	0,50	0,45	1,73	Fluorescente 4x 14 W
0,21	0,50	0,45	1,62	LED 1x 35 W

Tabla 5.20 Indicadores de iluminación, climatización y global de emisiones de CO₂ de la parte P1 para cada tipo de luminaria

Estos resultados se han agrupado en una gráfica que muestra la tendencia seguida por los índices de emisiones de la parte P1 del edificio frente a variaciones del VEEI:



Gráfica 5.3 Variación de los indicadores de emisiones de CO₂ con el VEEI de la parte P1

Es importante destacar que la disminución del VEEI no afecta únicamente al índice de emisiones de iluminación como se podría pensar al principio. Como refleja la gráfica 5.3, un descenso del VEEI produce una disminución de las emisiones debidas a climatización.

Al disminuir el VEEI, se está aumentando la eficacia luminosa “ η ” de las luminarias de forma que emiten menos calor, con lo que disminuye la carga interna de iluminación del edificio. Así que disminuye la demanda de refrigeración. Lógicamente, con la demanda de calefacción debería ocurrir el efecto contrario, esto es, aumentar a medida que desciende el VEEI.

Esto se puede apreciar en la siguiente gráfica.

5. CALENER_GT

En cuanto al índice global, no se han logrado reducir las emisiones de la parte P1 del edificio objeto respecto a la parte P1 del edificio del referencia, sino que han aumentado desde 0.43 hasta 0,45.

Sin embargo, esto no quiere decir que no se han disminuido las emisiones de CO₂, todo lo contrario. Se ha conseguido una reducción de las emisiones anuales con el sistema de iluminación más eficiente (LED), respecto a la parte P1 del edificio con el sistema de iluminación fluorescente inicial, del:

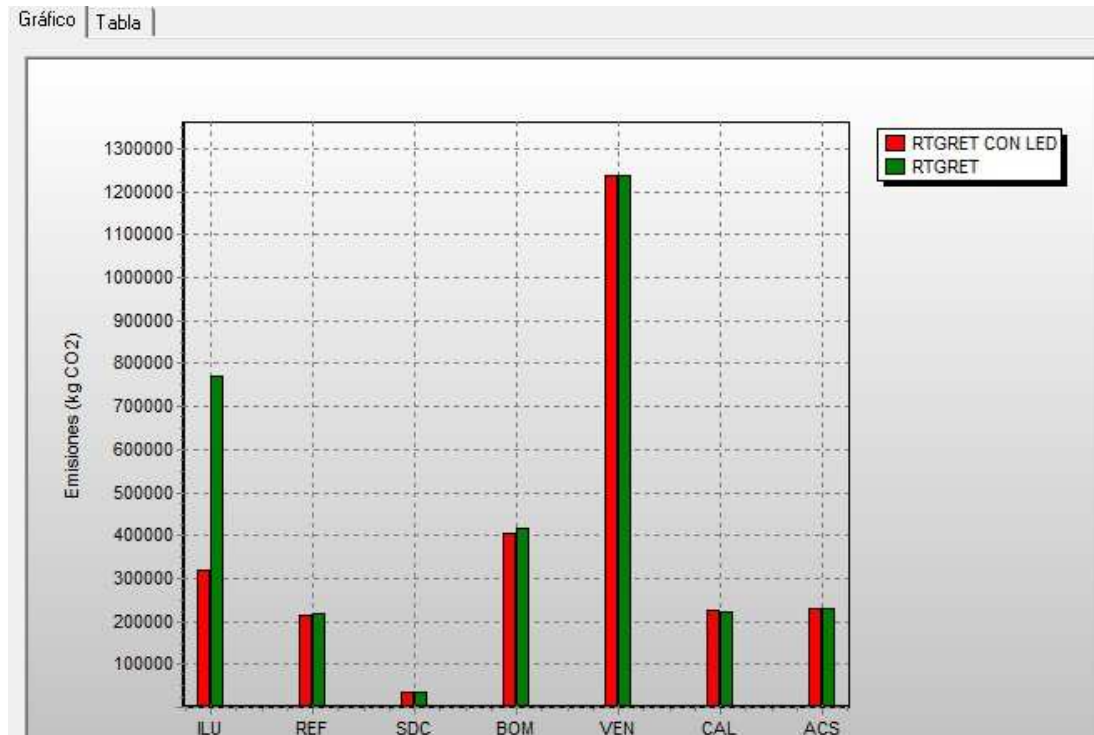
$$2664766,5 \text{ Kg CO}_2 / 3130676,5 \text{ Kg CO}_2 = 15\%,$$

según los datos de la siguiente tabla.

Gráfico	Tabla	
Emisiones (kg CO2)		
	RTGRET CON LED	RTGRET
Iluminación	317298,3	772018,3
Refrigeración	215023,1	218559,4
Sistema de condensación	35048,4	35324,1
Bombas y Auxiliares	404413,2	415668,9
Ventiladores	1237591,8	1238095,3
Calefacción	227488,3	223106,9
ACS	227903,4	227903,4
TOTAL	2664766,5	3130676,5

Tabla 5.21 Comparación de los emisiones de CO₂ entre el VEEI más eficiente y el VEEI inicial de la parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Para que este resultado se vea más claro, a través de la herramienta de resultados del programa CALENER_GT, se puede obtener una comparación de los datos de las emisiones de CO₂ generadas y de la energía consumida anualmente por la parte P1 del edificio con los sistemas originales y con los sistemas más eficientes (LED). Esta comparación se refleja a continuación.



Gráfica 5.4 Comparación de los indicadores de demanda entre el VEEI más eficiente y el VEEI inicial de la parte P1 [Pantalla impresa del programa CALENER_GT]

Para obtener una comparación de los datos de las emisiones de CO₂ generadas y/o de la energía consumida anualmente por todo el edificio con los sistemas originales y con los sistemas más eficientes (LED), se tiene que calcular, gracias al software CALENER_GT, lo que consumen las partes P2, P3 y P4 de la Torre Espacio de Madrid.

Para ello siguen los mismos pasos que para la parte P1 del edificio; se introducen los valores de VEEI [$W/(m^2 \cdot 100 \text{ lux})$] y P_{ilum} (W/m^2) de cada instalación de iluminación en CALENER_GT.

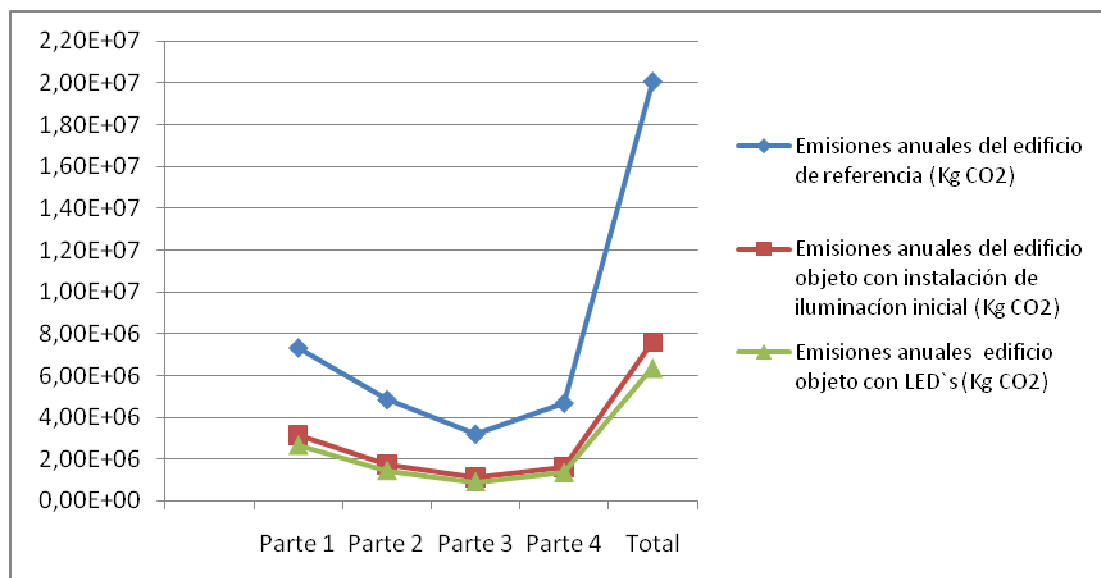
Los consumos se detallan en la siguiente tabla.

Parte del edificio	Emisiones anuales del edificio de referencia (Kg CO ₂)	Emisiones anuales del edificio objeto (Kg CO ₂)	Emisiones anuales del edificio objeto con LED (Kg CO ₂)
Parte 1	7328462,97	3130676,5	2664766,5
Parte 2	4845710,15	1732719,0	1445052,4
Parte 3	3204957,89	1105197,03	905863,04
Parte 4	4685995,35	1618653,99	1344050,65
Total	20065126,4	7587246,52	6359732,59

Tabla 5.22 Emisiones de CO₂ de la Torre Espacio de Madrid para la instalación de iluminación con el VEEI más eficiente, con el VEEI inicial y las de referencia

Ahora se va a realizar la comparación de los datos.

5. CALENER_GT



Gráfica 5.5 Comparación de emisiones de CO₂ de la instalación de iluminación con el VEEI más eficiente, con el VEEI inicial y las de referencia de Torre Espacio

Con las luminarias iniciales, las emisiones totales del edificio son 7587246,52 Kg CO₂, así que el índice global de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) es:

$$7587246,52 \text{ Kg CO}_2 / 20065126,4 \text{ Kg CO}_2 = 0,38$$

Este índice equivale a una clase de eficiencia energética A.

Utilizando luminarias con LED en vez de las originales luminarias con fluorescentes, las emisiones totales del edificio son de 6359,7326 Tn CO₂ por año. Por tanto, se ha logrado una reducción de las emisiones respecto al edificio objeto con la instalación de iluminación inicial, de un:

$$1 - (6359732,59 \text{ Kg CO}_2 / 7587246,52 \text{ Kg CO}_2) = 16,18\%$$

y un:

$$1 - (6359732,59 \text{ Kg CO}_2 / 20065126,4 \text{ Kg CO}_2) = 68,30\%$$

de reducción respecto a las del edificio de referencia.

Ante este cambio, el índice global de emisiones de CO₂, se ha reducido desde 0,38 hasta $(1 - 0,6830) = 0,31$ con lo que el inmueble mantiene la clase A de eficiencia energética, pero la mejora.

En este apartado se ha hablado de las emisiones del edificio en Kg. de CO₂, pero también interesa conocer su demanda en MWh/año.

La energía primaria total que requiere el edificio objeto con las luminarias iniciales es 14402,26 MWh/año, según los datos recogidos en el Anexo II de este proyecto fin de carrera y el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned}
 &Energía_demandada_total_primaria(KWh) = \\
 &= \sum_i Energía_demandada_parte_i(KWh) = \\
 &= \sum_i Energía_demandada_parte_i[KWh/(m^2 \cdot año)] \cdot superficie_parte_i(m^2)
 \end{aligned}$$

Energía demandada total primaria (KWh) =

$$= [228,5 \cdot 24363,2413] + [195,3 \cdot 17361,9138] + [189,9 \cdot 11524,48] + [205 \cdot 15884,73] =$$

$$= 14402260KWh / año = 14402,26 MWh por año$$

La energía primaria total que requiere el edificio con luminarias LED es:

$$14402,26 MWh/año \cdot [6359732,59 KgCO_2/7587246,52 KgCO_2] = 12072,17 MWh/ año.$$

En la siguiente tabla voy a resumir los resultados obtenidos para el edificio objeto inicial y los resultados del edificio objeto con la instalación de iluminación más eficiente, LED.

Instalación de iluminación	Emisiones anuales (Toneladas CO ₂ /año)	Demanda anual energía primaria (MWh/año)	Calificación energética	Indicador de eficiencia energética
Fluorescente inicial	7587,24652	14402,26	A	0.38
LED	6359,73259	12072,17	A	0.31

Tabla 5.23 Resultados de la instalación de iluminación con las luminarias iniciales y con las luminarias más eficientes (LED) de Torre Espacio de Madrid

CAPÍTULO 6:

CONCLUSIONES

6. Conclusiones

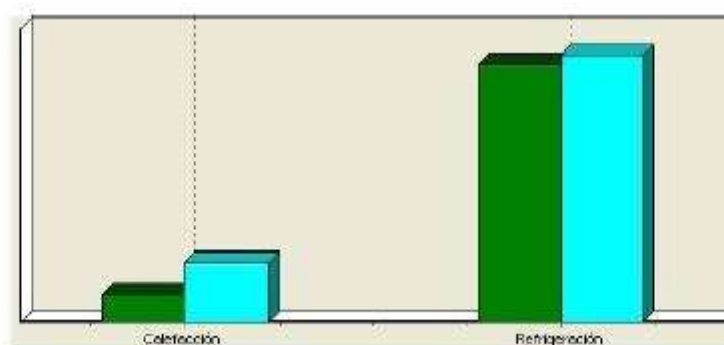
Según los resultados obtenidos del programa LIDER (Limitación de Demanda Energética), la Torre Espacio de Madrid cumple con la normativa de verificación de la sección HE 1 del Código Técnico de la Edificación tanto en calefacción como en refrigeración. Para llegar a esta conclusión se han analizado los resultados del LIDER para cada una de las cuatro partes en las que se ha dividido la Torre Espacio de Madrid y cada parte cumple la limitación. Por lo tanto, el edificio entero cumple con las especificaciones establecidas en la sección HE 1 del CTE (de transmitancia y factor solar límite, condensaciones superficiales e intersticiales y permeabilidad al aire).

Además, según el apartado 4.6 de este proyecto, bajo la suposición de que cada parte en la que se ha dividido el edificio objeto consume por igual:

- La demanda de calefacción del edificio objeto sólo es un 46,0% de la demanda del edificio de referencia.
- En refrigeración, el edificio objeto demanda un 90,6% de la demanda el edificio de referencia.
- La proporción relativa calefacción refrigeración, suponiendo que cada parte del edificio demanda la misma cantidad de energía, es $89\% / 11\% \approx 8$, por tanto, el edificio objeto demanda 8 veces más energía en refrigeración que en calefacción.

Estas conclusiones se muestran en la siguiente gráfica.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	46,0	90,6
Proporción relativa calefacción refrigeración	11	89



Gráfica 6.1 Resultados LIDER de la Torre Espacio de Madrid

Como el edificio objeto cumple la limitación de demanda, no es necesario aplicar medidas correctivas sobre la envolvente del edificio.

Además, recordar que, después de analizar los informes LIDER, bajo la suposición de que cada parte en la que se ha dividido el edificio objeto consume por igual, se afirmó que la parte P.3 del edificio era la más eficiente, seguida de la parte P.4, de la parte P.1 y por último, de la parte P.2.

Los resultados del informe LIDER se obtienen considerando sólo la envolvente del edificio, ya que sólo son un paso previo para la obtención de los resultados del consumo energético real del edificio. Por ello, son los resultados del programa CALENER_GT los que consideran los factores más importantes de todos los equipos.

Esto se puede apreciar comparando los informes LIDER y CALENER_GT (Calificación Energética de Grandes Terciarios) obtenidos por el edificio Torre Espacio de Madrid.

Según los resultados obtenidos del programa CALENER_GT, analizando los índices energéticos anuales obtenidos por la calefacción para cada parte del edificio, ver Anexo II, se aprecia que la demanda de calefacción real es más de dos veces mayor, para cada parte del edificio, en el edificio objeto que en el edificio de referencia. Es decir, los sistemas de calefacción son muy ineficientes. Esto es contrario a los resultados obtenidos en los informes LIDER, que decían que los sistemas de calefacción del edificio objeto sólo consumían la mitad, (un 46%), de energía que los sistemas de calefacción del edificio de referencia.

Además, según los resultados obtenidos en los informes CALENER_GT, recogidos en la siguiente tabla:

Parte del edificio	Calificación energética
Parte 1	B (0,43)
Parte 2	A (0,38)
Parte 3	A (0,34)
Parte 4	A (0,36)

Tabla 5.24 Calificación energética de cada parte del edificio objeto

se puede afirmar que la parte P.3 del edificio era la más eficiente, seguida de la parte P.4, de la parte P.2 y por último, de la parte P.1

Por tanto difieren mucho los resultados obtenidos de los dos programas. Esto se debe a que el programa CALENER considera los horarios de funcionamiento y el tipo de control de todos los equipos, y de la calefacción y la refrigeración en particular.

También según el programa CALENER_GT, **la etiqueta de eficiencia energética de la Torre Espacio de Madrid es la A, con un índice global de emisiones de CO₂ de 0,38**. Por lo tanto, las emisiones de CO₂ del inmueble se sitúan un 62% por debajo de las recomendadas por la normativa. Este resultado se obtiene para un valor de VEEI de 1,96W/(m²·100lux), lo que supone la instalación de 20 W/m² de potencia de iluminación para una iluminancia media de ≈ 500 lux.

6. Conclusiones

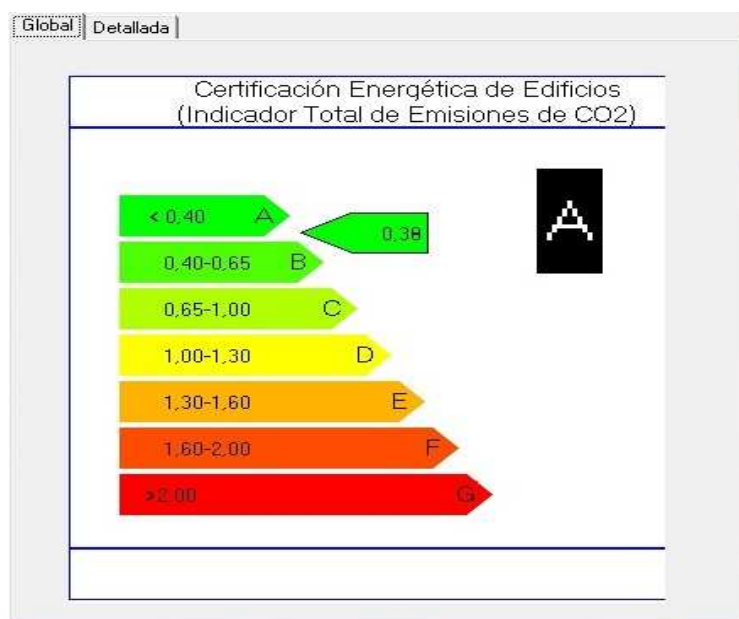


Figura 6.1 Calificación energética de Torre Espacio con las luminarias iniciales

La energía primaria total que requiere el edificio es 14402,26 MWh por año.

La energía que consume el edificio debido a los equipos de iluminación está en torno al 25% para la parte P1 de Torre Espacio de Madrid, lo que refleja que la iluminación es sólo un medio para realizar la actividad dentro de los espacios. Este bajo consumo en iluminación se debe también a que el edificio dispone de acristalamientos que aportan luz natural, dispuestos alrededor de toda la fachada del inmueble.

Las emisiones totales del edificio son de 7587,24652 Tn CO₂ por año.

Para disminuir el consumo de energía primaria del edificio, se ha mejorado el valor de eficiencia energética de la instalación de iluminación (VEEI). Esta mejora, como ya se vio en el apartado 5.7.1.3.3, afecta al índice de emisiones de climatización, además de al índice de emisiones de iluminación.

Utilizando luminarias con LED en vez de las originales luminarias con fluorescentes se ha logrado una reducción del 16,18% de las emisiones del edificio objeto, y una reducción del 68,30% respecto a las del edificio de referencia. Ante este cambio, **el índice global de emisiones de CO₂**, se ha reducido desde 0,38 hasta **0.31** con lo que el inmueble mantiene la clase A de eficiencia energética, pero la mejora.

La energía primaria total que requiere el edificio con luminarias LED es 12072,17 MWh por año.

Las emisiones totales del edificio con luminarias LED son de 6359,7326 Tn CO₂ por año.

Como se vio en el apartado 5.7.1.3.3, este resultado se obtiene para un valor de VEEI de 1,62 W/(m²·100lux), lo que supone la instalación de tan sólo 8,22 W/m² de potencia de iluminación si se quiere mantener la iluminancia media de ≈ 500 lux.

Hay que recordar que esta iluminancia se obtenía para un espacio rectangular tipo, representativo de las plantas de la Torre Espacio de Madrid. Sin embargo, pueden existir espacios con actividades para las que este nivel de iluminancia no sea el adecuado. En esos casos concretos habrá que disminuir la iluminación (si son zonas de descanso) o aumentarla (si son salas de reuniones).

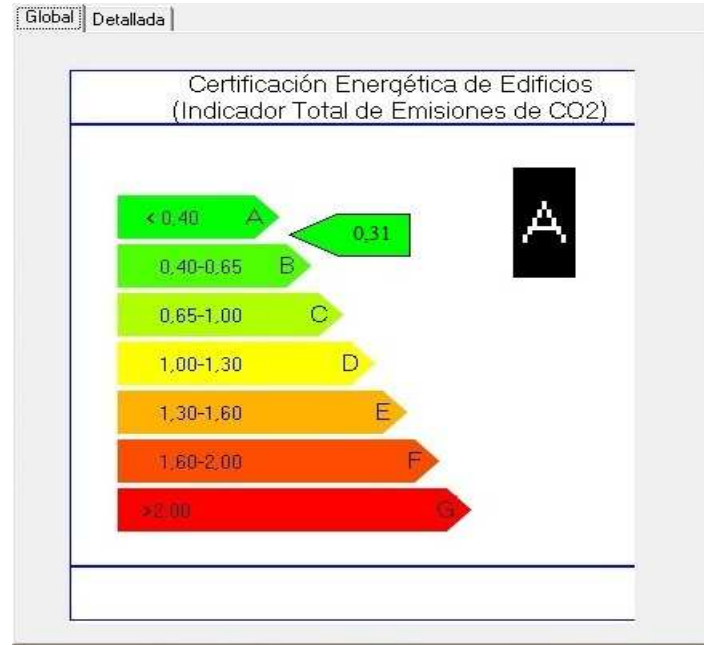


Figura 6.2 Calificación energética de Torre Espacio con las luminarias LED

Hay que considerar que alcanzar la iluminancia deseada con una potencia tan baja puede suponer un aumento del coste de las luminarias puesto que se requerirán luminarias muy eficientes.

CAPÍTULO 7:

PRESUPUESTO

7. Presupuestos

Se han analizado en el capítulo anterior los resultados desde el punto de vista del consumo energético expresado mediante la calificación energética del edificio, y de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Se vio que las luminarias LED son más eficientes que las luminarias fluorescentes utilizadas por el edificio. Esa eficiencia puede suponer un aumento en el precio de las luminarias.

Si queremos cambiar la tecnología empleada para la instalación de iluminación, de las luminarias fluorescentes existentes a las luminarias más eficientes, LED, se hace necesario un análisis de rentabilidad del cambio de las luminarias.

Para considerar el hipotético cambio de la instalación de iluminación propuesto en el proyecto fin de carrera, se ha calculado el presupuesto necesario para ello, siguiendo estos pasos:

- El autor del proyecto, Marius-Alin Caluser, ha obtenido la configuración del nuevo sistema de iluminación.
- Luego, para realizar el cálculo del presupuesto necesario para el cambio de la iluminación, se ha buscado información sobre precios:
 - de la luminaria LED y sus materiales auxiliares (anclajes)
 - de las actuales luminarias fluorescentes
 - del coste de la mano de obra subcontratada
 - de los costes directos complementarios (dietas, viajes, etc.)

Como el modelo de cálculo presupuestario accesible en Aula Global es muy simplificado, el cálculo presupuestario realizado para este proyecto (ver Anexo VI) se va a explicar a continuación detalladamente.

El presupuesto total del proyecto se puede desglosar en los siguientes conceptos:

- **COSTE DEL PERSONAL**

El autor del proyecto fin de carrera ha tardado nueve meses en finalizar la redacción de la memoria del proyecto. El autor del proyecto no tuvo un horario de trabajo fijo durante la realización del mismo, pero se ha estimado que ha dedicado 180 horas para finalizar el proyecto, lo que equivale a 1,37· hombres mes, siendo un hombre mes igual a 131,25 horas, según el modelo de cálculo presupuestario de Aula Global.

Además, se ha estimado que el autor del proyecto ha recibido un sueldo de 1800€ brutos por el trabajo desempeñado en la empresa.

Resumiendo, el coste del personal asciende a 1800 €

- COSTE DEL MATERIAL

Dentro del concepto del coste de material se incluye el coste de las luminarias LED, que componen la instalación de iluminación de todo el edificio Torre Espacio de Madrid, y sus materiales auxiliares (clips).

El coste unitario de las luminarias LED LuxSpace BBS490 asciende a 355 €.

El coste de los clips por cada luminaria es de 1 €/luminaria.

Se debe recordar que el cálculo de la instalación de iluminación para el espacio representativo de las plantas de Torre Espacio mostró la necesidad de instalar 425 luminarias LED LuxSpace BBS490 para cubrir la demanda de iluminación. El edificio comercial Torre Espacio de Madrid consta de 57 plantas (51 habitables), por lo que la cantidad de luminarias necesarias para todo el edificio es:

$$cantidad_lumi = 425 \frac{lumi}{planta} \cdot 51 \frac{plantas}{edificio} = 21675 \frac{lumi}{edificio}$$

Por tanto, el coste de las luminarias, sin materiales auxiliares, ascenderá a:

$$coste_lumi = 21675 \frac{lumi}{edificio} \cdot 355 \frac{€}{lumi} = 7.694.625 \frac{€}{edificio} = 7.694.625€$$

El coste de los materiales auxiliares será.

$$coste_material_auxiliar = 1 \frac{€}{lumi} \cdot 21675 \frac{lumi}{edificio} = 21.675 \frac{€}{edificio} = 21.675€$$

Resumiendo, el coste del material, que es la suma de los dos costes, asciende a 7.716.300 €

- COSTE DE LA SUBCONTRATACIÓN DE TAREAS

Se ha recurrido a la subcontratación para el servicio de montaje de las luminarias. Al montaje de cada luminaria se dedican dos recursos simultáneamente:

- un oficial 1ª electricista que recibe 15,05 € por cada hora trabajada.
- un ayudante de electricista que recibe 13,58 € por cada hora trabajada.

Como el edificio se ha dividido en cuatro partes, las 14 primeras plantas habitables, las siguientes 11, las 13 siguientes y las 13 últimas, también los recursos se asignan para cada parte. Se han asignado un oficial 1ª electricista y un ayudante de electricista para cada parte por separado, por tanto se han subcontratado 4 oficiales 1ª electricista y 4 ayudantes de electricista en total.

7. Presupuestos

El tiempo que emplean los dos recursos (oficial y ayudante) para montar una luminaria es de 1/2 hora. La cantidad de luminarias que se deben montar es 21675 luminarias, recordar. Además, el número de horas mensuales para las que se contratan los recursos es de 180 horas al mes (1,37 hombres mes), así que, el tiempo que se va a necesitar para montar todas las luminarias del edificio es:

$$tiempo_montaje_lumi = \left(\frac{21675 \frac{lumi}{edificio}}{4 \frac{recursos}{edificio} \cdot 2 \frac{lumi}{horas \cdot recurso} \cdot \frac{180 horas}{1 mes}} \right) \cdot \frac{1,37 \text{ hombres_mes}}{1 mes} = 20,643 \text{ hombres_mes}$$

Por lo tanto, la retribución por el trabajo desempeñado en la empresa por los oficiales electricistas es:

$$\begin{aligned} retrib_oficial_electricistas &= \text{coste_hombre_mes_oficiales} \cdot \text{número_hombres_mes} = \\ &= \left(\frac{131,25 \text{ horas}}{1 \text{ hombre_mes}} \cdot 15,05 \frac{€}{hora \cdot recurso} \cdot 4 \text{ recursos} \right) \cdot (20,643 \text{ hombre_mes}) = \\ &= 163.104 \frac{€}{edificio} = 163.104 € \end{aligned}$$

La retribución por el trabajo desempeñado en la empresa por los ayudantes electricistas es:

$$\begin{aligned} retrib_oficial_ayudantes &= \text{coste_hombre_mes_ayudantes} \cdot \text{número_hombres_mes} = \\ &= \left(\frac{131,25 \text{ horas}}{1 \text{ hombre_mes}} \cdot 13,58 \frac{€}{hora \cdot recurso} \cdot 4 \text{ recursos} \right) \cdot (20,643 \text{ hombre_mes}) = \\ &= 147.173 \frac{€}{edificio} = 147.173 € \end{aligned}$$

El coste final de la subcontratación de tareas (servicio de montaje de las luminarias) es la suma de los dos costes anteriores, es decir, 310.277 €

- OTROS COSTES DIRECTOS DEL PROYECTO

Dentro de estos costes aparecen los costes debidos a dietas de los trabajadores, viajes, etc. Se ha estimado que su valor es el 2% de la suma de los costes de material y los costes de la subcontratación. Por lo que, este coste se eleva a:

$$otros_costes_directos = 0,02 \cdot (7.716.300 + 310.277) € = 160.531,55 €$$

El valor de otros costes directos del proyecto es 160.531,55 €

- COSTES INDIRECTOS

Estos costes son costes que no se pueden asignar al montaje de cada luminaria por separado, por lo que se estiman para el conjunto del edificio. Se ha estimado que su valor es el 3% de la suma de todos los costes anteriores.

$$\text{costes}_{\text{indirectos}} = 0,03 \cdot (1.800 + 7.716.300 + 310.277 + 160.531,55) \text{€} = 245.667 \text{€}$$

El valor de los costes indirectos del proyecto es 245.667 €

Todos los costes que han ido apareciendo de recoger en la siguiente tabla:

Presupuesto Costes Totales	Presupuesto Costes Totales
Personal	1.800
Coste inversión	7.716.300
Subcontratación de tareas	310.278
Otros costes directos	160.532
Costes Indirectos	245.667
Total (sin I.V.A.)	8.434.576
I.V.A. (16%)	1.349.532.23
Total (con I.V.A.)	9.784.108,685

Tabla 5.25 Desglose presupuestario de este proyecto

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 9.784.108,685 €, nueve millones setecientos ochenta y cuatro mil ciento ocho euros con seiscientos ochenta y cinco céntimos.

¿Es rentable llevar a cabo este proyecto?

Para contestar a esta pregunta se debe comparar el ahorro que proporciona el cambio del sistema de iluminación con la inversión que supone el cambio de las luminarias componentes del sistema.

Cómo las luminarias fluorescentes ya existentes en el edificio tienen una vida útil de 20.000 horas y las luminarias LED tienen una vida útil de 50.000 horas, se puede afirmar que las luminarias LED duran $50.000 \text{ horas} / 20.000 \text{ horas} = 5/2$ veces más que las luminarias fluorescentes originales. Por tanto, esto supone ahorrarse los siguientes costes:

$$\begin{aligned} \text{ahorro}_{\text{por vida útil lumi}} &= (\text{precio}_{\text{lumi LED}} - \frac{5}{2} \cdot \text{precio}_{\text{lumi fluorescente}}) = \\ &= (\frac{5}{2} \cdot 222 - 355) \frac{\text{€}}{\text{lumi}} = 200 \frac{\text{€}}{\text{lumi}} \end{aligned}$$

7. Presupuestos

Hay 21.675 luminarias en el edificio, así que el ahorro total por la mayor vida útil de las luminarias LED es:

$$ahorro_por_vida_útil = 200 \frac{€}{lumi} \cdot 21675 \frac{lumi}{edificio} = 4.335.000€$$

Además, las luminarias LED consumen un menos de energía que las luminarias fluorescentes. Esto supone un ahorro en la factura eléctrica.

Para este proyecto el ahorro se debe a que en el edificio inicial hay instalada una potencia de 20 W/m^2 , mientras que en el edificio con la instalación de iluminación LED hay instalados $8,22 \text{ W/m}^2$, según la tabla 5.19 del capítulo 5. El ahorro de potencia para el espacio representativo de las plantas del edificio, cuyas dimensiones son 41,64 metros de largo y 41,61 metros de ancho, será:

$$\begin{aligned} ahorro_potencia_1planta(W) &= ahorro_potencia_planta(W/m^2) \cdot superf_planta(m^2) = \\ &= (20 - 8,22)W/m^2 \cdot \frac{(41,61m \cdot 41,64m)}{planta} = 20410,50 \frac{W}{planta} = 20,4105 \frac{KW}{planta} \end{aligned}$$

Hay 51 plantas en el edificio, así que el ahorro total de potencia para el edificio es:

$$ahorro_potencia_edificio = 20,4105 \frac{KW}{planta} \cdot 51 \frac{plantas}{edificio} = 1040,9357 \frac{KW}{edificio}$$

Según el horario de funcionamiento de la iluminación del edificio Torre Espacio, descrito en las figuras 5.2, 5.3 y 5.4, se puede afirmar que las luminarias funcionan 13 horas al día, durante los 365 días del año aproximadamente. Sabiendo que el precio de la energía para los consumidores de energía en alta tensión, como el edificio Torre Espacio de Madrid, es de 0,039922 €/KWh, el ahorro anual en costes por este aspecto es:

$$\begin{aligned} ahorro_por_menor_consumo_LED &= 1040,9357 \frac{KW}{edificio} \cdot 13 \frac{h}{día} \cdot 365 \frac{días}{año} \cdot 0,039922 \frac{€}{KWh} = \\ &= 197.184,34 \frac{€}{edificio \cdot año} \end{aligned}$$

Sin embargo, este ahorro se produce durante toda la vida útil de la luminaria LED. Así que el ahorro total por este concepto será:

$$\begin{aligned} \text{ahorro_por_menor_consumo_LED} &= [50.000h / (13 \frac{h}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}})] \cdot 197.18434 \frac{\text{€}}{\text{edificio año}} = \\ &= 2.077.811,75 \frac{\text{€}}{\text{edificio}} = 2.077.811,75\text{€} \end{aligned}$$

Recordamos que el coste de la inversión inicial es 9.784.108,685 €.

El ahorro por utilizar iluminación LED en vez de iluminación fluorescente es:

$$\text{ahorro_total} = (4.335.000 + 2.077.811,75)\text{€} = 6.412.811,75\text{€}$$

Comparando estos dos valores podemos afirmar que la inversión no será recuperada después de agotar la vida útil de las luminarias LED.

En el ahorro conseguido con el cambio de luminarias no se incluye el ahorro en cuanto a emisiones de CO₂, ya que no se puede cuantificar. Tampoco se incluye el sobrecoste que se podría aplicar en el alquiler de los espacios del edificio comercial Torre Espacio de Madrid por la vistosidad que le confiere a los espacios la luminaria LED.

GLOSARIO

ACS: Agua Caliente Sanitaria

CALENER_GT: Calificación Energética de edificios Grandes Terciarios

CNE: Comisión Nacional de Energía

CORES: Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos

CTE: Código Técnico de la Edificación

GLP: Gases Licuados del Petróleo

HE: Documento Básico de Ahorro de Energía

IDAE: Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía

LED: Diodo emisor de luz

LIDER: Limitación de Demanda Energética

PER: Plan de Energías Renovables

REE: Red Eléctrica de España

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios

RD: Real Decreto

UC3M: Universidad Carlos III de Madrid

UGR: Índice de deslumbramiento unificado

UTA: Unidad de Tratamiento de Aire

VEEI: Valor de Eficiencia Energética

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Informe de la Dirección General de Política de Energía y Minas (DGPEM). Recogido en apuntes asignatura Nuevas Fuentes de Energía (parte térmica). María Venegas. UC3M. Departamento de Ingeniería Térmica. Curso 2008/2009.
- [2] Plan de Energías Renovables en España 2005-2010. Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDAE). Elaboración: Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) <http://www.idae.es>, Accedido en Noviembre 2009
- [3] Mónica Chinchilla. Apuntes asignatura Nuevas Fuentes de Energía (parte eléctrica). UC3M. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Curso 2008/2009.
- [4] PAE4+ Plan de Acción 2008-2012 <http://www.idae.es>, Accedido en Noviembre 2009
- [5] Juan Ignacio López Ruíz. Apuntes asignatura Tecnología Ambiental. UC3M. Departamento de Ingeniería Química. Curso 2009/2010.
- [6] RD 47/2007 <http://www.boe.es>, Accedido en Octubre 2009
- [7] RD 314/2006 <http://www.boe.es>, Accedido en Octubre 2009
- [8] Documento Básico de Ahorro de Energía HE <http://www.codigotecnico.org>, Accedido en Octubre 2009
- [9] Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. Comité Español de Iluminación (CEI) e IDAE, con la colaboración del Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE). <http://www.idae.es>, Accedido en Noviembre 2009
- [10] Guía Técnica de iluminación eficiente. Sector residencial y terciario. IDAE <http://www.fenercom.com>, Accedido en Noviembre 2009
- [11] LIDER, manual del usuario <http://www.codigotecnico.org>, Accedido en Octubre 2009
- [12] CALENER_GT, Manual de usuario <http://www.mityc.es>, Accedido en Octubre 2009
- [13] CALENER_GT, Manual técnico <http://www.mityc.es>, Accedido en Octubre 2009
- [14] CALENER_GT, Manual de referencia <http://www.mityc.es>, Accedido en Octubre 2009

[15] CALENER_GT, Manual de curvas <http://www.mityc.es>, Accedido en Octubre 2009

[16] Proyecto de iluminación sobre las Dependencias de la biblioteca Rey Pastor de la Universidad Carlos III de Madrid. María Ruíz Fernández

ANEXOS

ANEXO I

ANEXO I _____	164
INFORME LIDER DE LA PARTE 1 DEL EDIFICIO _____	166
INFORME LIDER DE LA PARTE 2 DEL EDIFICIO _____	180
INFORME LIDER DE LA PARTE 3 DEL EDIFICIO _____	194
INFORME LIDER DE LA PARTE 4 DEL EDIFICIO _____	208

ANEXO II

ANEXO II_____	209
INFORME CALENER DE LA PARTE 1 DEL EDIFICIO_____	211
INFORME CALENER DE LA PARTE 2 DEL EDIFICIO_____	259
INFORME CALENER DE LA PARTE 3 DEL EDIFICIO_____	303
INFORME CALENER DE LA PARTE 4 DEL EDIFICIO_____	350

ANEXO III

ANEXO III_____	409
DATOS DE LAS LUMINARIAS (PHILLIPS)_____	411

ANEXO IV

ANEXO IV_____	418
CALIFICACIÓN PARTE 1 DEL EDIFICIO CON FLUORESCENTES DE 2X36 W	420
CALIFICACIÓN PARTE 1 DEL EDIFICIO CON FLUORESCENTES DE 3X18 W	468
CALIFICACIÓN PARTE 1 DEL EDIFICIO CON FLUORESCENTES DE 4X14 W	517
CALIFICACIÓN PARTE 1 DEL EDIFICIO CON LED_____	562

ANEXO V

ANEXO V_____	610
CÁLCULO LUMÍNICO INSTALACIÓN CON LUMINARIAS FLUORESCENTES DE 2x36 W_____	612
CÁLCULO LUMÍNICO INSTALACIÓN CON LUMINARIAS FLUORESCENTES DE 3x18 W_____	616
CÁLCULO LUMÍNICO INSTALACIÓN CON LUMINARIAS FLUORESCENTES DE 4x14 W_____	620
CÁLCULO LUMÍNICO INSTALACIÓN CON LUMINARIAS LED_____	624

ANEXO VI

ANEXO VI_____	628
FORMULARIO_PRESUPUESTO_PFC_____	630